TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I. S. T.

N.º 263-JUNHO-1956

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

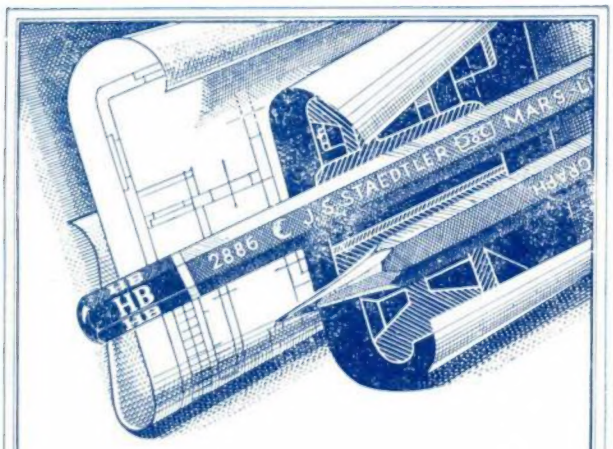
UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO	22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO...	100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA...	14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua uque de Leulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35



MARS-LUMOGRAPH

O Lápis especial para cópias heliográficas, portanto também apropriado para desenho de precisão, escrever e estenografar

19 graduações de dureza]

J. S. STAEDTLER
NÜRNBERG

Máquinas de costura — Radiadores e caldeiras para aquecimento central — Caloriferos — Fogões de cozinha — Banheiras e outro material sanitário de ferro esmaltado — Marmitas e equipamento complementar para grandes cozinhas — Bombas centrifugas e manuais — Acessorios para instalações de água quente e vapor — Tubos de aço

INDÚSTRIAS A. J. OLIVEIRA, FILHOS & C.ª, LDA.

OFICINAS METALÚRGICAS OLIVA

SÃO JOÃO DA MADEIRA • PORTUGAL

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 263 Junho de 1956

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA

ADMINISTRADOR

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

SECRETÁRIO

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

CORPO REDACTORIAL

EDUARDO ARANTES E OLIVEIRA

FERNANDO TIAGO SANCHES

RUI DO CARMO MOURA

JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

★

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

★

COMPOSTO E IMPRESSO

NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Aspecto actual das obras do monumento a Cristo-Rei

Págs.

Alguns aspectos estatísticos do consumo agrícola da electricidade em Portugal

Pelo Eng.º Electr. (I. S. T.) António Carrisso 461

Comunicação por impulsos — Estudo da modulação de sucessões de impulsos

Pelo Eng.º Electr. Manuel José de Abreu Faro 473

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 508

Pólos e zeros das funções de rede

Pelo Eng.º Electr. (I. S. T.) Manuel José Lopes da Silva . . 509

Monumento a Cristo-Rei 514

Do Mundo Técnico 519

Biblioteca 522

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

Pág.

A

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª IX
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXX
António Baró VIII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XLIII

B

Blackwood Hodge XIII
Bouhon & Irmão, Ltd.ª VIII

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XXXIV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VI
Companhia «Cimento Tejo» XLIV
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP XXVI
Companhia União Fabril VII
Construções Técnicas, Ltd.ª VIII
C. Santos, Ltd.ª . . . . . X e XLV

E

Edmond Dardel II
Edouard Dalphin . . . . . 4.ª da capa
Electro-Arco, Ltd.ª XXXI
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª . . . . . XXXI e XXXVII
Empresa Electro Cerâmica VI
ENAE XIX
Empresa Húngara para o Comércio Exterior de Máquinas XVIII, XXI e XXXV
Empresa de Produtos Asfálticos . . IV
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XLII

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXVI
Fábrica Portugal XIV
Ferrometal XXXIX
Fundição e Construção Mecânicas VI

G

General Electric Portuguesa XXII
Guedes & Santos Silva, Ltd. XL

H

Harker, Summer & C.ª, Ltd.ª XLI
Heliaço, Lda. XXIII
Henriques & Castro, Ltd.ª IV

I

Indústrias A. J. Oliveira & Filhos &C.ª, Lda. . . . . . 2.ª da capa
Industriewerk Schaeffler XXIV
INEL XXIX
Isola XL

J

J. E. Michaëlis de Vasconcellos (Eng.º) XXIV

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV

M

Mabor XLIV
Manil XXXVII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XLIII
Minas e Metalurgia XXXII
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . . XII e XLVI

N

NIKEX XXVIII
Nordberg XXXVIII

O

Organizações Modernas de Contabilidade XLI

P

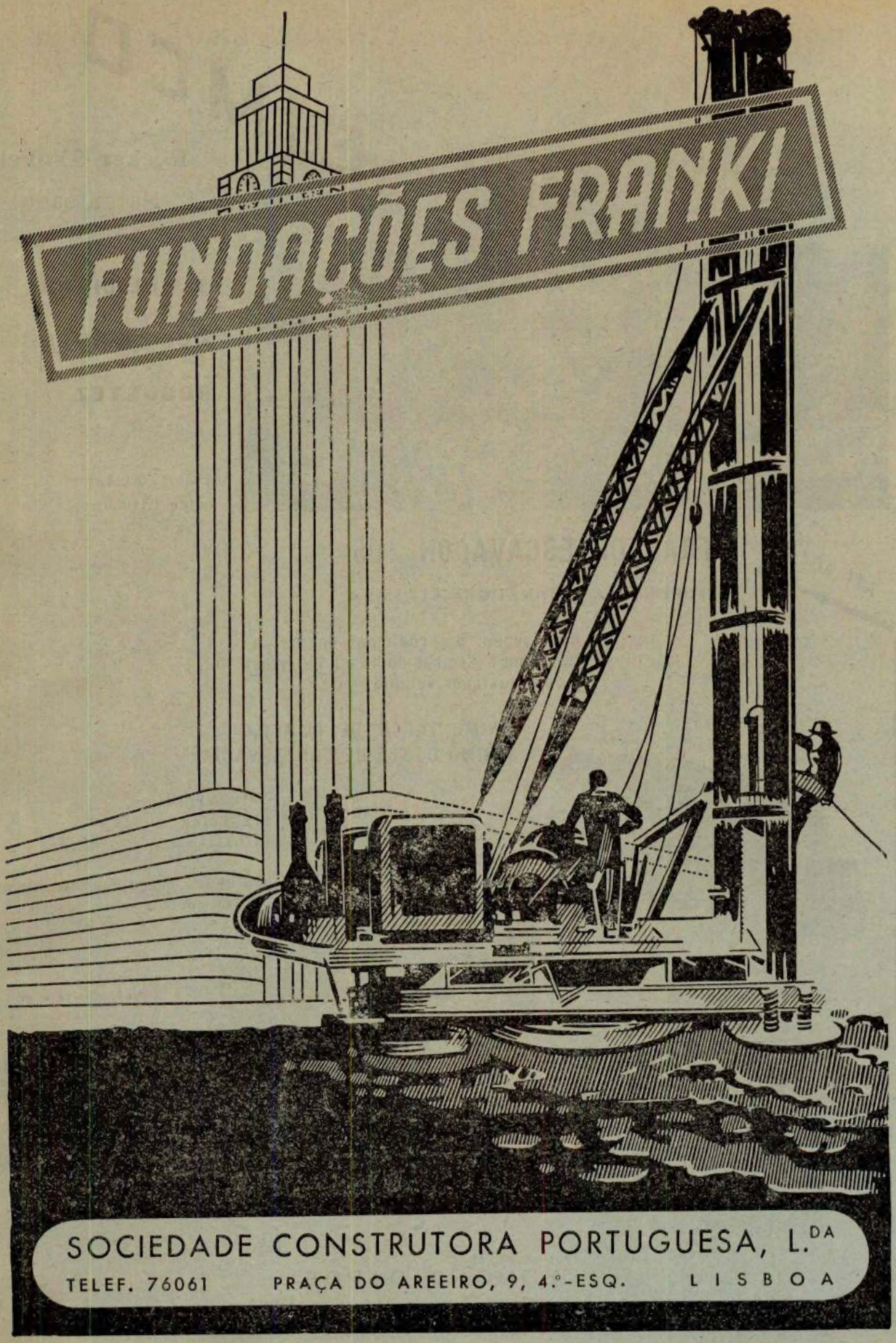
P. Bellasi XVI
Philips Portuguesa XXXIII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

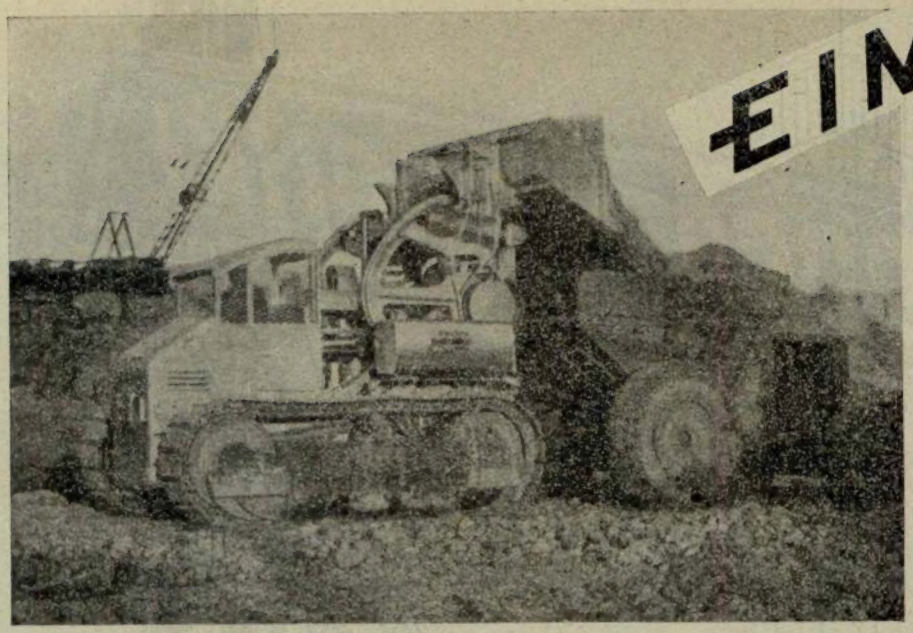
S

Sanfer, Ltd.ª XLI
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XXVII
SKF XXII
SMEIA V
Sociedade Avanço, Lda. XXXI
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª XLI
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XX
Sociedade Portuguesa do Acumulador Tudor XVII
Sociedade Portuguesa Cavan XL
Socotel XXV
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXLIV
SOMEC XXXIX
SOPECATE VII
Staedtler . . . . . 2.ª da capa
Standard Eléctrica XI

U

União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA



EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

TRACTOR ESCAVADOR 105

ATÉ AO

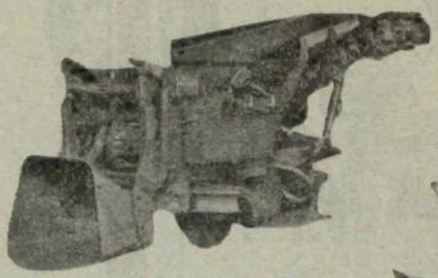
SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas

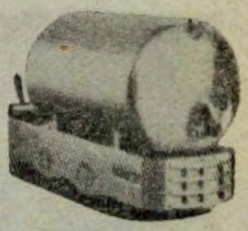


Modelo 40

Modelo 21

Modelo 12 B

Locomotiva a ar

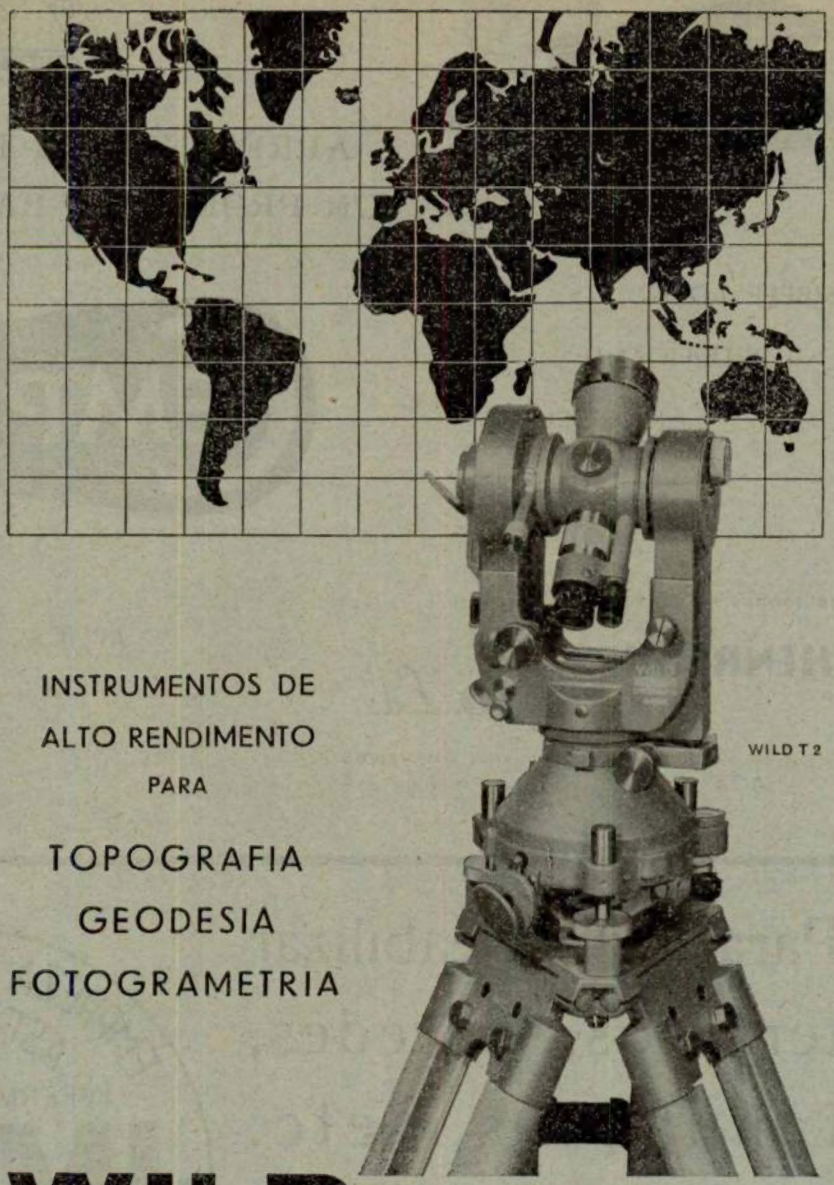


TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL
Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA
Telef. 4 2289



WILD T 2

INSTRUMENTOS DE
ALTO RENDIMENTO
PARA

TOPOGRAFIA
GEODESIA
FOTOGRAMETRIA

WILD
HEERBRUGG

A MARCA DE PRESTÍGIO INTERNACIONAL

•

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 • LISBOA
TELEFONE: 24314 • TELEGRAMAS: TECNA

APRESENTA EM TODO O MUNDO
UM PRODUTO À BASE DE CIMENTO

EMBELESADOR
PETRIFICANTE
HIDRÓFUGO

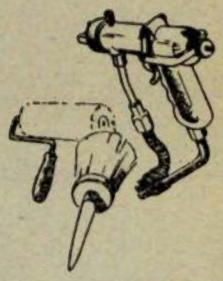
DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL E ULTRAMAR:

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

Av. Conde de Valbom, 96
LISBOA

Tele { gramas: HENRICASTRO
fones 77 50 57 - 77 50 58

APLICAÇÃO
FÁCIL



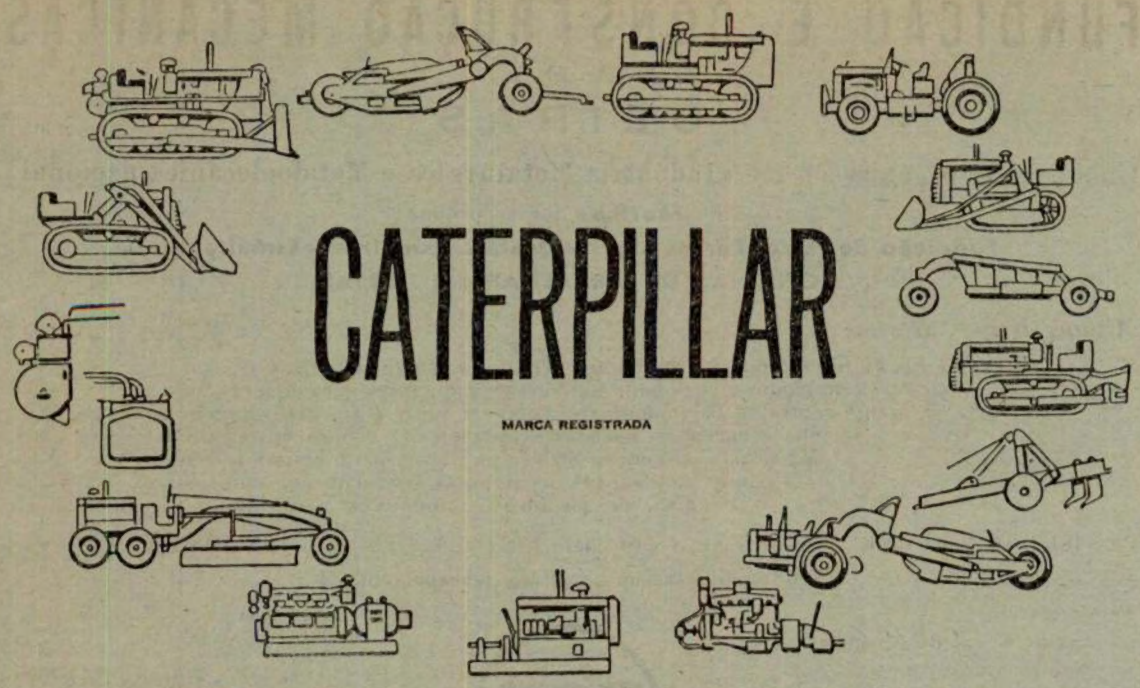
Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651
4 2156

TELEG. EPALDA—LISBOA



A mais completa linha de equipamentos para remoção de terras:

6 modelos de tractores de rastos, de 38 a 230 H. P. à barra.
3 modelos de tractores de rodas, de 186 a 300 H. P.
10 modelos de «scrapers», com capacidades que vão de 3,6 j. c. a 27 j. c.
2 modelos de vagões com as capacidades de 10,7 m^3 a 19,1 m^3.
21 modelos de «bulldozers» comandados por cabos ou hidràulicamente.
3 modelos de pás hidráulicas «Traxcavator», com as capacidades de 1, 1 1/2 e 2 1/4 j. c.
3 modelos de motoniveladoras com as potências de 50, 75 e 115 H. P.
4 modelos de comandos por cabos, de montagem trazeira e frontal.
3 modelos de comandos hidráulicos, de montagem trazeira e frontal.
2 modelos de escarificadores.
14 modelos de motores diesel industriais, de 57 a 520 H. P.

Como complemento desta linha, constroem os fabricantes Hyster Company, Athey Corporation, C & D Manufacturing Company, Fleco Corporation e Preco Incorporated (companhias associadas da CATERPILLAR) os seguintes equipamentos: «Hystaway» (Pá mecânica, retroescavadora, dragline ou guindaste, para montar em tractor Caterpillar D6, D7 ou D8), compactadores, vagões sobre rodas ou rastos, «dumpers», lâminas especiais de bulldozer para pedras ou raízes, escarificadores para montar nas lâminas dos bulldozeres, niveladoras rebocadas, etc.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B — LISBOA

Telefones 72 40 53/4/5

FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem

OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS

Alguns artigos de série:

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc.

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

Vendas directas ao comércio da especialidade

Telefones:
Serviços 043 324 a 043 327
Administração 043 156
Secção Aquec. 4 1110 - 45301

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

SECÇÃO DE AQUECIMENTO

Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa

No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

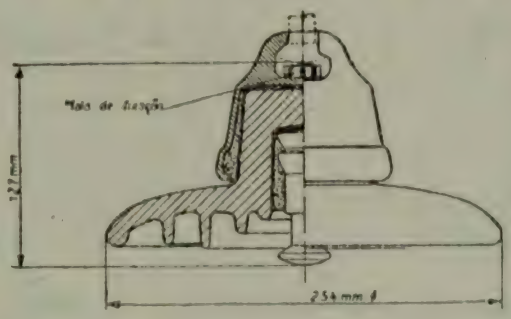
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Sociedade de Pesquisas, Captações de Agua e Transportes, L.da

---

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

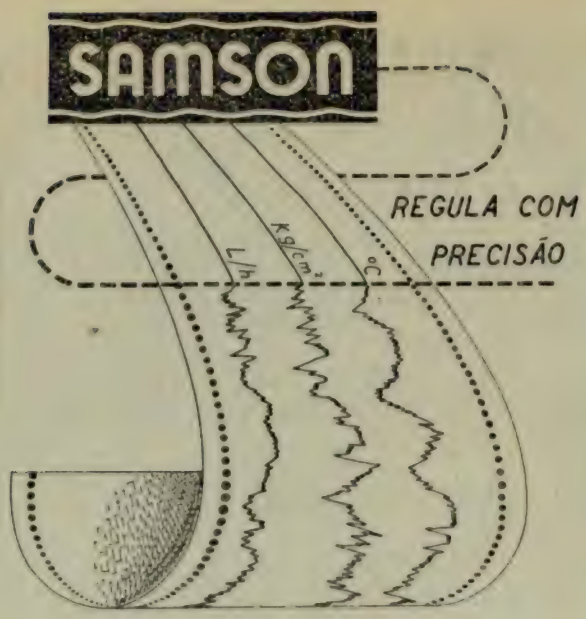
Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica



TEMPERATURA, PRESSÃO E DÉBITOS
PARA VAPOR, ÁGUA, AR, ÓLEO E OUTROS FLUIDOS

BOUHON & IRMÃO, LTD.

EM LISBOA: Av. Júlio Diniz, 26, r/c Esq.
Telef.: 77 36 03, 77 86 85
NO PORTO: Rua Antero do Quental, 615
Telef. 4 0118 — 4 0119

MATERIAL ELÉCTRICO

para instalações de alta e baixa tensão

•

ESPECIALIDADES **GARDY:**

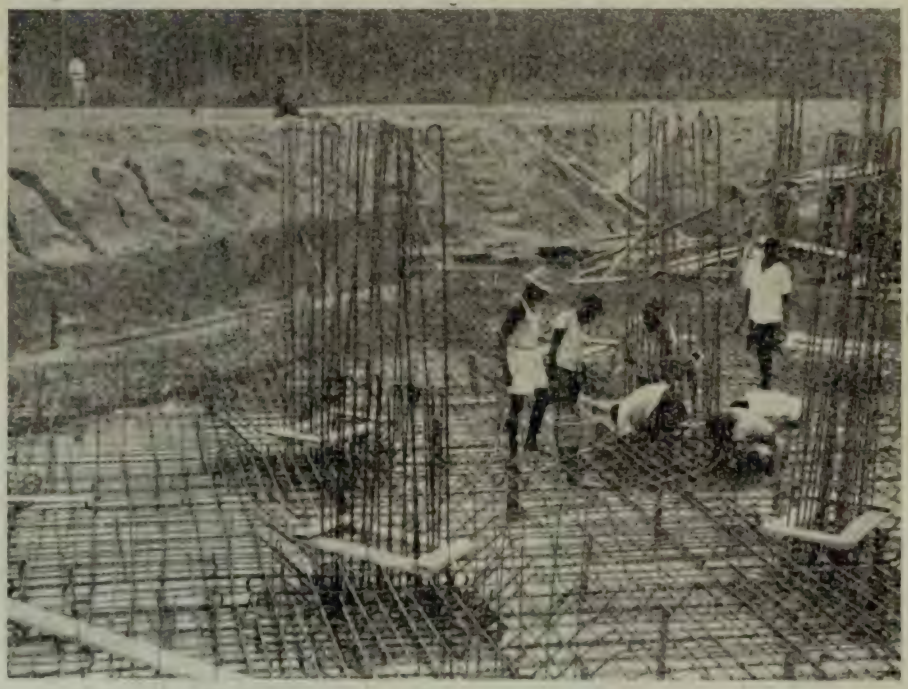
Corta-circuitos e cartuchos de alto poder de corte
Disjuntores para força motriz e iluminação
Disjuntores de calibres variáveis
Disjuntores MINIHUILLE, até 35 kV
Dispositivos de corte em carga para seccionadores, etc.

REPRESENTANTE:

ANTÓNIO BARÓ

Rua da Assunção, 99-2.º-Dt.º

LISBOA

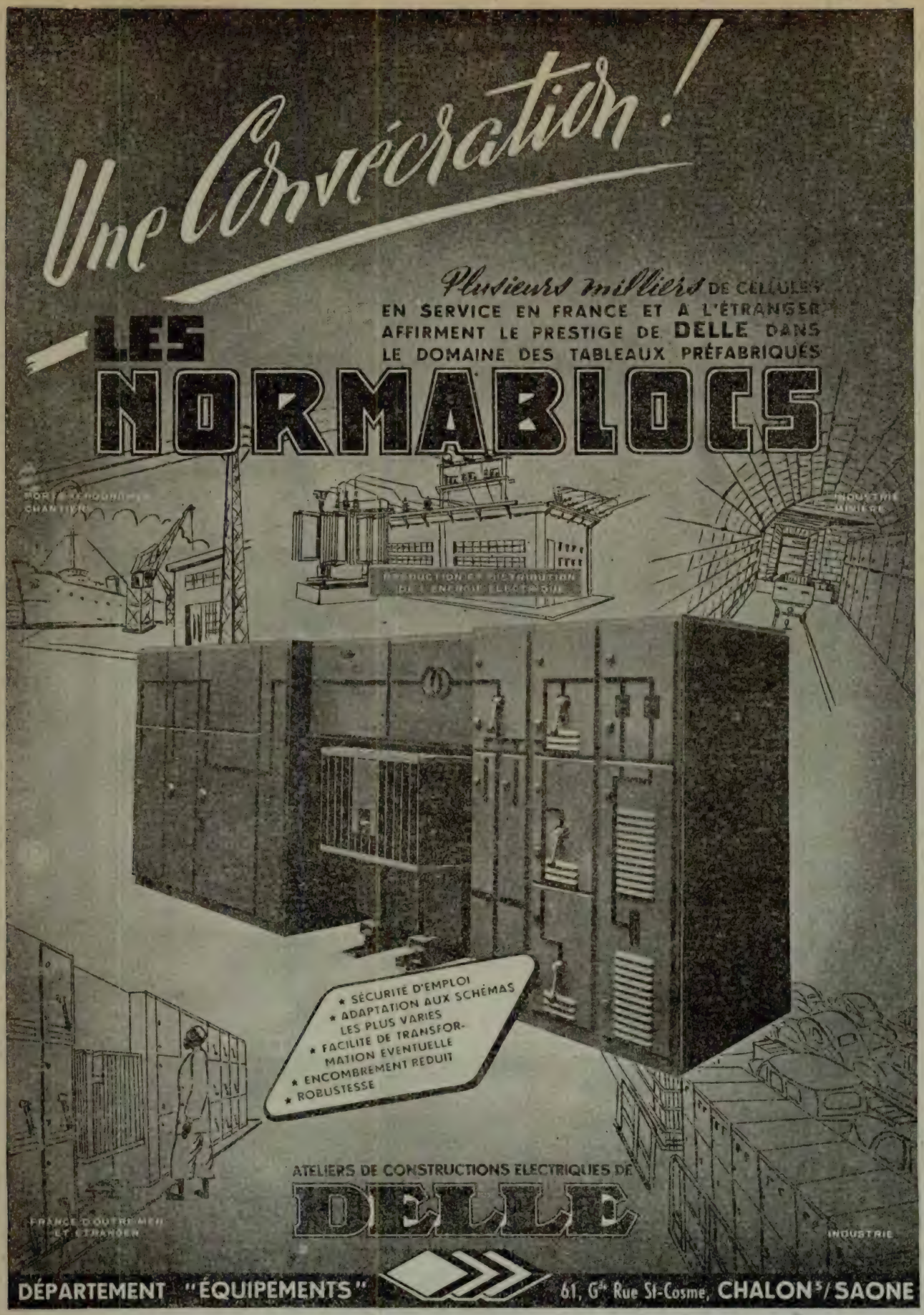


5 SILOS NO PLANALTO DE BENGUELA
Capacidade total 14.000.000 kg de milho. Aspecto da armadura da laje de ensoleiramento geral, em Nova Lisboa

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA
Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES
BETÃO ARMADO
OBRAS PÚBLICAS



DELEGADOS: AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, LDA.

RUA DOS INDUSTRIAIS, 4-1.º . LISBOA . TELEFS.: 66 06 92-66 06 04-66 60 82

MOTORES DIESEL
MERCEDES-BENZ
MARÍTIMOS E INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA MAGNÍFICA ROBUSTEZ E GRANDE ECONOMIA, GARANTINDO UM ELEVADO RENDIMENTO E A MAIOR SEGURANÇA DE FUNCIONAMENTO
DE 20 A 2500 HP
REPRESENTANTES
C. SANTOS LDA.
DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA — TRAVESSA DA GLÓRIA, 17 — LISBOA

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 63 81 71/6

telefones · radio · cabos

PÁ CARREGADORA FRONTAL

De comandos hidráulicos

(Capacidade da pá= 1 ou 2 jardas cúbicas)

VENDER

COM ESCARIFICADOR TRASEIRO

Também comandado hidràulicamente

PARA EQUIPAR TRACTORES "VENDER"

Modelos **"BULLY"** e **"CHAMPION"**, respectivamente de 53,5 e 90 HP.

Queiram pedir informes sobre estas máquinas, bem assim toda a restante aparelhagem de movimentação de terras própria para os referidos tractores, aos

AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL, ANGOLA E MOÇAMBIQUE

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

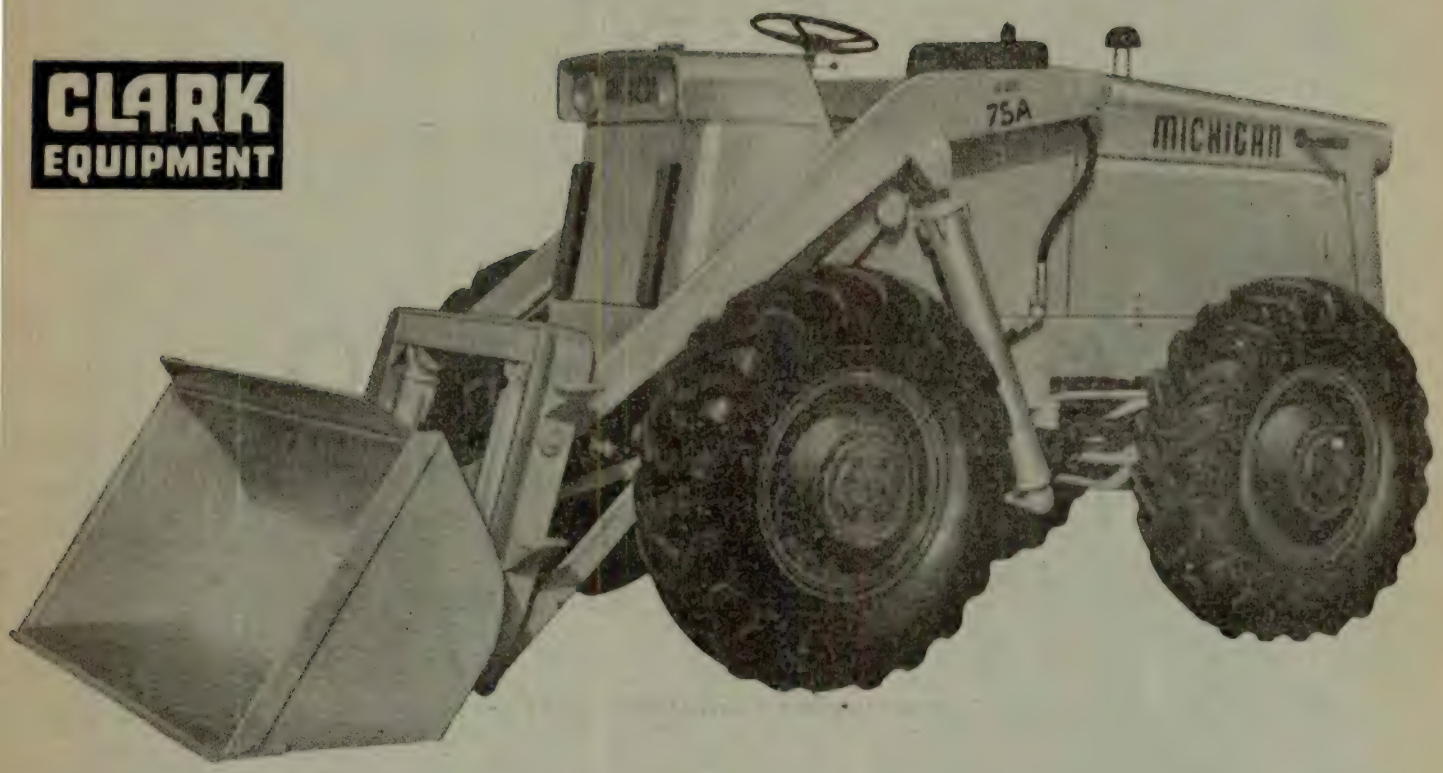
RUA CASCAIS, 47 (Alcântara) — LISBOA

Telef. 637083 4/5

Sucursais e Agências em BEJA, PORTO, VILA FRANCA DE XIRA, ÉVORA, SANTARÉM, CASTELO BRANCO, LUANDA e LOURENÇO MARQUES

tracto-carregador

CLARK
MICHIGAN
U. S. A.



Mais «EXTRAS» são «STANDARD» no MICHIGAN do que em qualquer outro tracto-carregador.

- DOIS FARÓIS DIANTEIROS PLENOS DE LUZ
- MUDANÇAS DE TRANSMISSÃO SEMI-AUTOMÁTICAS
- CONVERSOR DE BINÁRIO — NÃO TEM EMBRAIAGEM
- MOVIMENTO DE BALDE INDEPENDENTE DA LANÇA
- CONTA HORAS DO MOTOR
- FILTROS DE ÓLEO PARA O MOTOR E CONVERSOR
- DOIS FARÓIS TRASEIROS
- DIRECÇÃO COM AJUDA HIDRÁULICA
- DESMULTIPLICAÇÃO NOS CUBOS DAS RODAS
- INDICADOR DA POSIÇÃO DO BALDE

Motor Diesel 80 C.V. — Duas velocidades de trabalho e duas de marcha, quer para a frente quer para trás — direcção às rodas traseiras — todas as rodas motoras — pneus 14 : 00 × 24 tipo terraplanagem — balde de 1 jarda cúbica, etc., etc.
Tudo isto torna o Michigan no campião de todos os tracto-carregadores de rodas ou de lagartas.

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS :

BLACKWOOD HODGE

AV. ALMIRANTE REIS, 247 — LISBOA

Telef. 72 59 48 - 72 59 84

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricàs.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico

OERLIKON

Alternadores para todas as potências
Disjuntores até 400 kV
Transformadores
Motores eléctricos para todas as correntes, todas as tensões e todas as potências
Aparelhagem de protecção, reguladores, relés, etc.
Tracção eléctrica por corrente contínua ou corrente alterna de 16 $^{2}/_{3}$ e 50 per/seg.
Rectificadores e electrolizadores
Turbinas a vapor e a gás
Compressores centrífugos para usos industriais
Equipamentos completos para centrais eléctricas

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON • ZURICH 50 • (SUÍÇA)
Representante geral para Portugal e Ultramar:

P. BELLASI
Rua Sá da Bandeira, 494-3.º • Telefone 2 19 68 • PORTO

TÉCNICA

DIRECTOR: JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA ADMINISTRADOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
SECRETÁRIO — CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
CORPO REDACTORIAL — EDUARDO DE ARANTES E OLIVEIRA, FERNANDO TIAGO SANCHES, JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA E RUI DO CARMO MOURA

Ano XXXI - N.º 263 Junho de 1956

C. D. U. 620.92:537:63 (469)

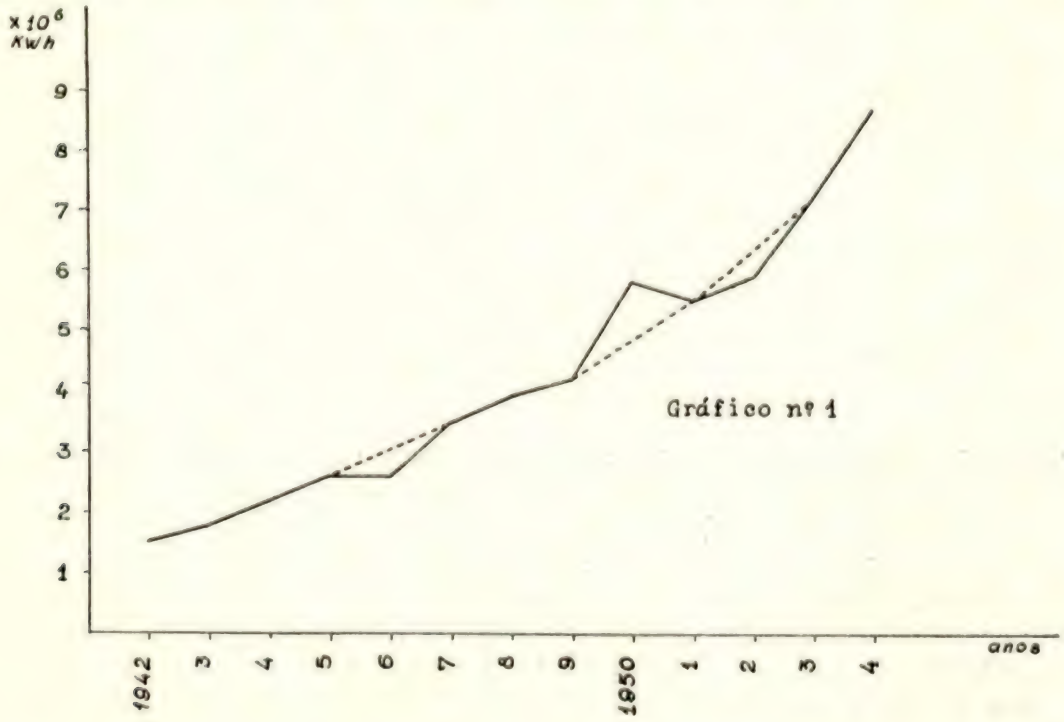
Alguns aspectos estatísticos do consumo agrícola da electricidade em Portugal

PELO ENG.º ELECT.º (I. S. T.) ANTÓNIO CARRISSO
PROF. I. S. T.

Encarregado de reger a cadeira de Electrotecnia no Instituto Superior de Agronomia, nos anos lectivos de 1954-55 e 1955-56, tive que me debruçar sobre a electrificação agrícola no nosso País. O panorama que se disfruta leva-me a publicar alguns elementos estatísticos e sua interpretação, na esperança de assim poder dar uma contribuição, por modesta que seja, para promover o desenvolvimento da electrificação rural no nosso País.

1. Aumento de consumo nas indústrias agrícolas

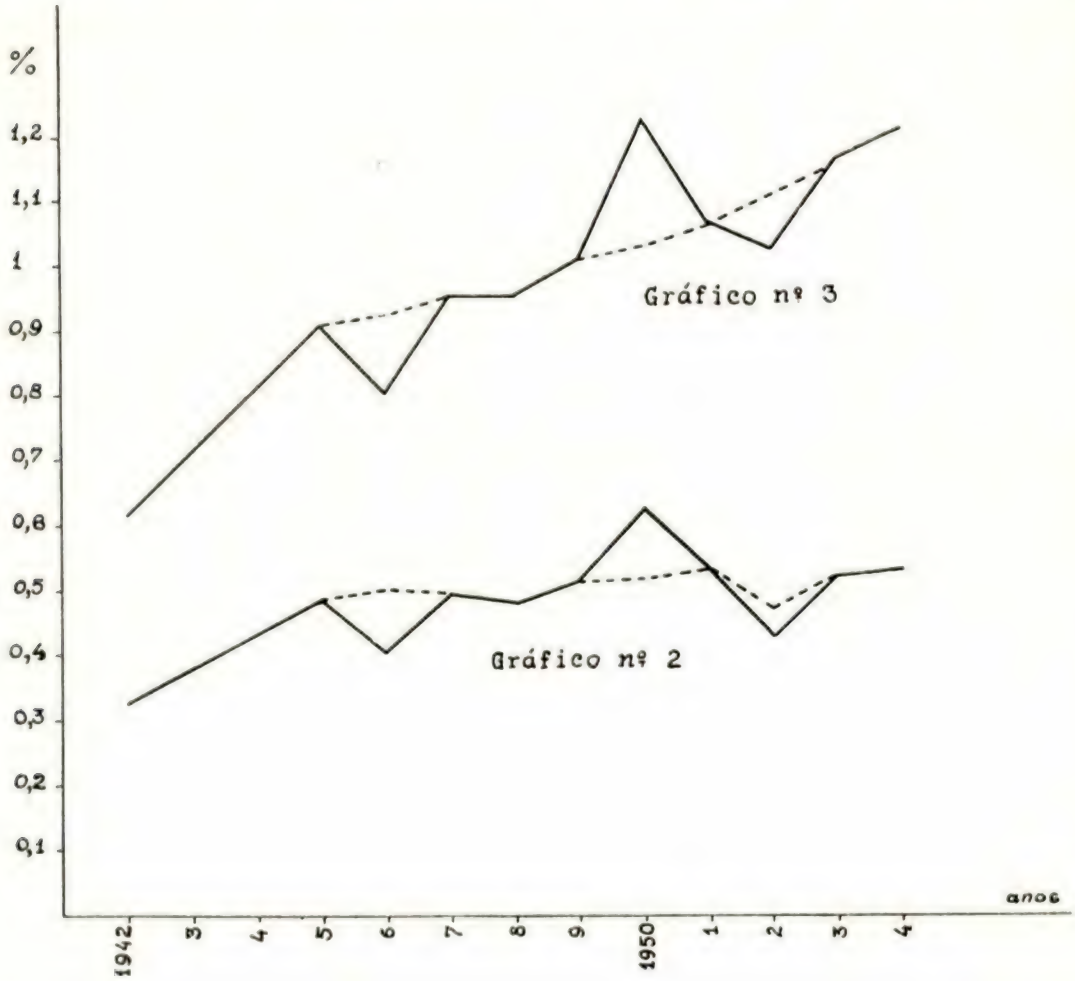
Da «Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal» tiramos os consumos para força motriz nas indústrias agrícolas e, com os seus valores, construímos o gráfico n.º 1.



Mostra-nos esta curva que o consumo da energia eléctrica nas indústrias agrícolas tem aumentado muito regularmente de 1942 para cá, principalmente se eliminarmos os anos de 1946, 1950 e 1952; esse crescimento acentuou-se nos dois últimos anos.

O aumento médio anual no período de 1942 a 1954 é da ordem dos 16 %. Se separarmos os períodos 1942 a 1952 e 1952 a 1954 obtemos no primeiro um aumento médio de cerca de 15 % e no segundo 21,4 %. No último decénio — 1944 a 1954 — este consumo quadruplicou pràticamente.

Podemos assim concluir que as indústrias agrícolas têm acompanhado a electrificação do nosso País, que tanto se tem desenvolvido nos últimos anos. Para concretizar este particular, não olhemos para o consumo agrícola em valor absoluto, mas calculemos a sua percentagem em relação à energia total produzida no País. Obtemos o gráfico n.º 2, donde se conclui que essa percentagem, depois de ter aumentado nos anos de 1942 a 1945, se mantém, de então para cá, sensìvelmente constante e ao redor de 0,5%. Eliminando os anos atrás referidos — curvas a tracejado — essa constância é flagrante.



Apesar do notável aumento da electrificação do nosso País e da entrada em laboração de instalações que consomem grandes quantidades de energia eléctrica — como por exemplo a electroquímica — as indústrias agrícolas mantêm galhardamente a sua posição.

É pois de esperar que elas tenham melhorado a sua posição em relação às outras indústrias.

Para podermos tirar conclusões àcerca deste pormenor, marquemos no gráfico n.º 3 a energia consumida pelas indústrias agrícolas em percentagem do consumo total de força motriz no nosso País. Encontramos de facto o aumento previsto: de início, 1942 a 1945, o crescimento é mais rápido, cerca de 0,1 % anualmente; depois (1945 para cá) torna-se mais lento, aproximadamente

1/3 do anterior. O consumo das indústrias agrícolas duplicou no período 1942/1955, em relação ao consumo industrial total.

Mas não se conclua inadvertidamente destes números, que a electrificação agrícola do nosso País é satisfatória. Infelizmente a realidade mostra-nos, como veremos adiante, que ela é muito fraca; isso resulta do facto de um acréscimo, embora pequeno em valor absoluto, poder ter grande influência relativa.

Podemos concluir, porém, que os usos agrícolas apresentam boas possibilidades para a colocação da energia eléctrica, principalmente se não perdermos de vista que só como excepção, no período considerado, a energia eléctrica podia ser fornecida vantajosamente ao consumidor agrícola; a maior parte das vezes as condições que se lhe ofereciam eram, pode dizer-se, proibitivas.

2. Comparação do nosso consumo agrícola com o de outros países da Europa

Para fazermos esta comparação vamos recorrer à publicação da O. E. C. E. «L'Industrie de l'Électricité en Europe» e dela retiramos os consumos para usos agrícolas no ano de 1954, que vamos tomar para termo de comparação, por ser o último para que está publicada a nossa Estatística das Instalações Eléctricas.

Obtemos os seguintes valores:

QUADRO 1

Países	Consumo agrícola	População	Consumo específico	Idem referido a Portugal
	10^6 kWh	10^6 hab.	kWh/hab.	
Alemanha Ocidental . .	1.128	49,5	22,8	2060
Áustria	155	7,0	22,2	2020
Itália	330	47,6	6,94	626
Irlanda	95	2,9	32,7	2950
Portugal	9	8,1	1,11	100
Inglaterra	1.000	51,1	19,6	1700
Suécia	690	7,2	96,0	8650

Verificamos assim que o consumo agrícola por habitante é da ordem de 20 vezes o de Portugal na maioria destes países, únicos para que vem especificado, naquela publicação, o consumo que estamos a considerar. Para a Itália a diferença é nìtidamente menor e, para a Suécia, como era de esperar, muito mais elevada.

É sabido que a capitação da energia eléctrica em Portugal é da ordem de 1/5 da dos países da Europa central. Comparando este valor com o anterior, vemos que a situação do consumo para usos agrícolas é nìtidamente mais desfavorável que a do consumo geral.

Para pormenorizar este ponto vamos calcular mais os seguintes valores:

QUADRO 2

Países	Consumo agrícola	Superfície	Consumo específico	Idem referido a Portugal
	10^6 kWh	10^3 km^2	10^3 kWh/km^2	
Alemanha Ocidental . .	1.128	245,3	4,6	4700
Áustria	155	83,9	1,85	1900
Itália	330	301,2	1,1	1130
Irlanda	95	70,3	1,35	1370
Portugal	9	92,2	0,098	100
Inglaterra	1.000	244,0	4,1	4200
Suécia	690	449,2	1,53	1570

Quer dizer que se em vez de tomarmos o consumo específico expresso em kWh/habitante (capitação do consumo agrícola) o exprimirmos em kWh/km², isto é, se considerarmos a densidade do consumo agrícola, chegamos à mesma conclusão que entre nós, esse valor é 10 a 20 vezes mais baixo do que o da maioria dos países indicados, incluindo a própria Suécia; chega mesmo a ser quase 50 vezes inferior ao da Alemanha ou da Inglaterra.

Podemos ainda encarar esta comparação sob outro aspecto:

QUADRO 3

Países	Consumo total	Consumo agrícola / Consumo total	Idem referido a Portugal
	GWh	%	
Alemanha Ocidental. . . .	65.984	1,71 %	312
Áustria	8.627	1,79	325
Itália	35.246	0,94	171
Irlanda	1.408	6,65	1.230
Portugal	1.653	0,55	100
Inglaterra	81.000	1,24	217
Suécia	23.561	2,94	535

O que nos confirma haver de facto um desiquilíbrio no nosso consumo agrícola, visto que o seu valor em relação ao consumo total é de 2 a 3 vezes mais pequeno entre nós, do que na maioria dos outros países considerados. Na Suécia esta relação sobe para 5,35 e para a Irlanda atinge 12,3, valor que se explica pelo consumo industrial relativamente pequeno deste País.

Estes 3 últimos quadros confirmam-nos, eloquentemente, o atraso da nossa electrificação rural e a necessidade de fomentarmos o consumo agrícola entre nós.

3. Repartição do consumo agrícola em baixa tensão por distritos

QUADRO 4

Distritos	Consumo agrícola	População	Superfície	kWh/hab.	kWh/km²
	kWh	10³ hab.	km²		
Aveiro	766.555	477	2.772	1,61	276
Beja	6.946	287	10.276	0,024	0,68
Braga	538.570	541	2.730	0,995	198
Bragança	2.080	227	6.546	0,0092	0,32
Castelo Branco . .	318.875	320	6.704	0,9965	47,6
Coimbra	312.256	432	3.956	0,724	79,0
Évora.	259.824	220	7.388	1,18	35,2
Faro	469.765	326	5.072	1,44	92,7
Guarda	52.873	304	5.496	0,174	9,6
Leiria	110.525	389	3.435	0,283	32,2
Lisboa	500.135	1.227	2.747	0,407	182
Portalegre	40.202	197	6.133	0,203	6,57
Porto.	1.569.392	1.053	2.282	1,49	690
Santarém	297.130	453	6.689	0,65	43,5
Setúbal	469.672	324	5.105	1,45	92
Viana do Castelo . .	17.678	275	2.108	0,064	8,36
Vila Real	72.812	317	4.238	0,23	17,25
Viseu.	171.532	487	5.006	0,352	34,3

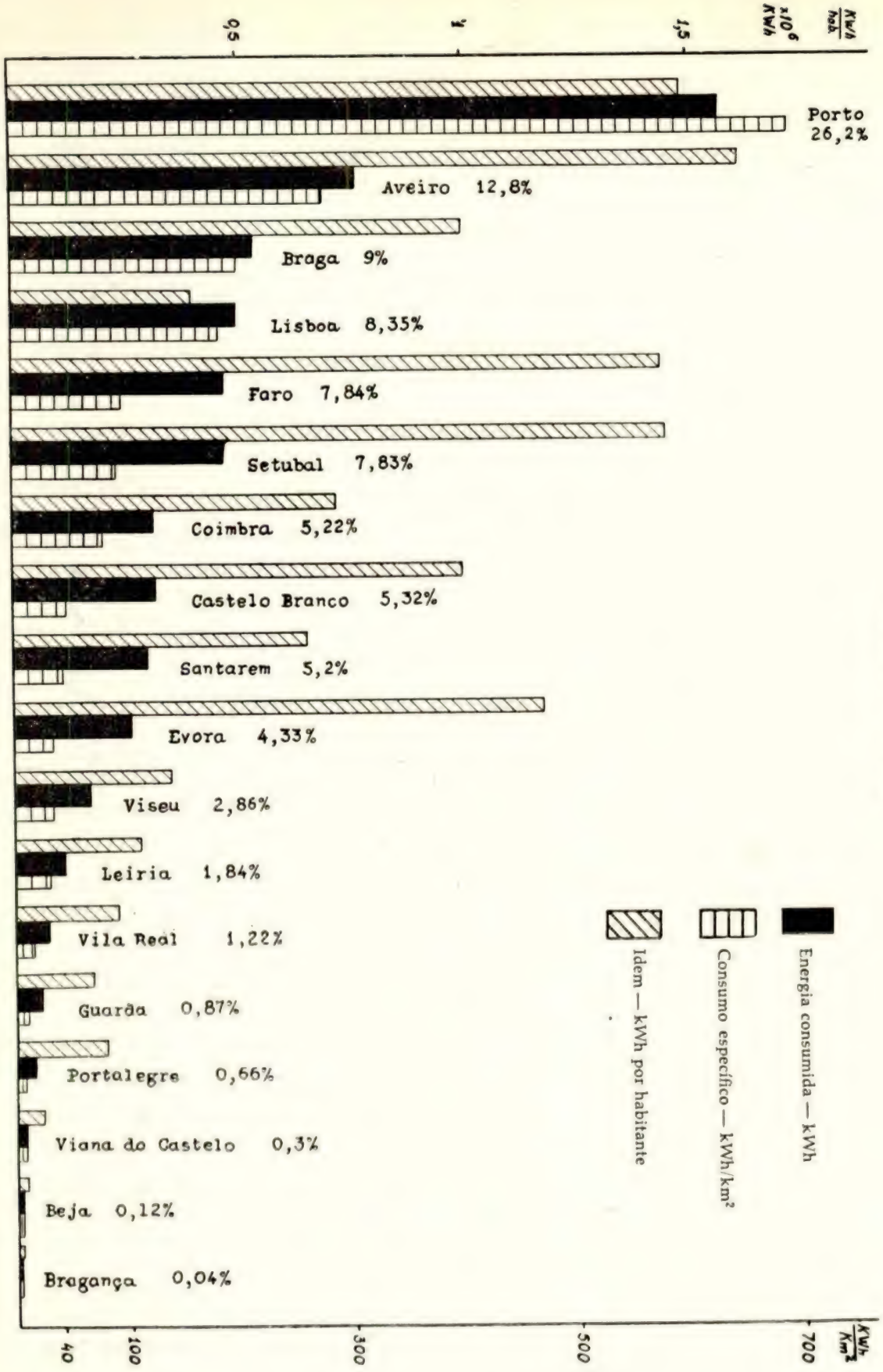

Porto 26,2%
Aveiro 12,8%
Braga 9%
Lisboa 8,35%
Faro 7,84%
Setubal 7,83%
Coimbra 5,22%
Castelo Branco 5,32%
Santarem 5,2%
Evora 4,33%
Viseu 2,86%
Leiria 1,84%
Vila Real 1,22%
Guarda 0,87%
Portalegre 0,66%
Viana do Castelo 0,3%
Beja 0,12%
Bragança 0,04%
Energia consumida — kWh
Consumo específico — kWh/km²
Idem — kWh por habitante
0,5
1
1,5
x10⁶ kWh
kWh/hab
40
100
300
500
700
kWh/km²

Gráfico n.º 4

Da «Estatística das Instalações Eléctricas», referente ao ano de 1954, respigamos os valores da energia fornecida em baixa tensão, pelas redes públicas, para usos agrícolas.

A partir destes valores, calculamos os consumos específicos, em kWh por habitante e em kWh por km² (inscritos no quadro n.º 4 da página 464), que permitem, por comparação com os quadros anteriores, confirmar a pobreza da nossa electrificação agrícola.

Para maior clareza construimos, com estes valores, o gráfico n.º 4 da página anterior; ao lado da energia consumida em cada distrito durante esse ano, marcamos o consumo específico respectivo em kWh/km² e em kWh/habitante.

O distrito do Porto consome, só à sua parte, mais de 1/4 da energia total. Seguem-se-lhe Aveiro com 12,8 % e Braga, Lisboa, Faro e Setúbal com cerca de 8 a 9 % cada um. Estes 6 distritos representam pois, quase 3/4 do consumo total do País; aos restantes 12 pouco mais cabe do que 1/4 dessa energia.

É curioso notar que no distrito do Porto, todos os concelhos consomem energia eléctrica para usos agrícolas. Dentro de cada concelho a totalidade, ou pelo menos a grande maioria das freguesias, estão em idênticas condições.

Em Aveiro e Braga as coisas passam-se de forma semelhante, embora haja infelizmente, maior número de freguesias, e até um ou outro concelho, sem consumo agrícola. No de Lisboa encontramos os concelhos de Alenquer, Arruda dos Vinhos, Azambuja e Sobral de Monte Agraço com um consumo agrícola nulo ou quase.

Mais sintomático é o que se passa no distrito de Setúbal: o consumo agrícola provém da região norte (principalmente dos concelhos de Setúbal, Palmela e Seixal e, em menor escala, dos de Barreiro e Montijo) sendo nulo nos concelhos do sul (Alcácer, Grândola, Santiago e Sines). Note-se que este consumo é também nulo nos concelhos de Sesimbra e Moita. A grande superfície ocupada por estes concelhos sem consumo agrícola, vem afectar apreciàvelmente um dos consumos específicos.

O Alentejo pouco mais consome do que 5 % da energia total, dos quais 85 % cabem ao distrito de Évora. No de Beja só Moura e Serpa têm consumo agrícola, ambos eles muito pequenos. O consumo do distrito de Portalegre provém principalmente do concelho de Elvas que, por si só, representa mais de 80 % do consumo total do distrito. Pode pois dizer-se que nestes dois últimos distritos se trata de consumos locais sem que, por isso, se possa dizer que exista pròpriamente electrificação.

A situação do Ribatejo pouco mais animadora é que a anterior, visto que o seu consumo é da ordem dos 5,5 % do consumo total do País. É impressionante verificar que nos concelhos de Azambuja, Alpiarça, Benavente, Cartaxo, Constância, Entroncamento e Golegã o consumo agrícola é nulo. Note-se a pequena densidade de consumo que daqui resulta.

O quadro mais triste de todos é-nos dado pelo distrito de Bragança, em que se não consumiram no ano de 1954, mais de 2.080 kWh para usos agrícolas e, 75 % desta energia, foi absorvida pela Colónia Correccional de Izeda.

O grande centro populacional que é a cidade de Lisboa, diminui apreciàvelmente a capitação do consumo agrícola no respectivo distrito. Se eliminarmos a população da capital e considerarmos só a dos restantes concelhos, a capitação sobe para 1,15 kWh por habitante, inferior mesmo assim à de vários outros distritos nomeadamente o do Porto cujo valor, em idênticas condições, se eleva para 2,05 kWh por habitante.

Note-se que tudo o que acabamos de dizer se refere ùnicamente ao consumo em baixa tensão. Além destes 5.976.822 kWh, as redes públicas forneceram mais 2.513.835 kWh em alta tensão: a destrinça desta energia fornecida em alta tensão por distritos e concelhos, não está feita, pelo que não foi possível inclui-la no gráfico anterior.

Como representa quase 50 % da energia em baixa tensão, pode ter grande influência na repartição da energia pelos distritos e, principalmente, na interpretação do consumo de cada região. Há pois que não esquecer este pormenor quando quisermos tirar conclusões do gráfico n.º 4, sob pena de elas carecerem de significado.

Esperamos que dentro de alguns meses, possìvelmente quando for publicada a estatística referente ao ano de 1955, já seja possível conhecer a repartição da energia fornecida em alta tensão pelos vários concelhos do País.

Há ainda que considerar 243.282 kWh provenientes do serviço particular. A destrinça também não está feita, mas a sua influência é de pouca monta visto não chegar a atingir 3 % da energia total; além disso ela deverá estar irremediàvelmente destinada a desaparecer.

4. Comparação com uma área tìpicamente agrícola

Vamos tomar para termo de comparação os «Moorlands», uma área tìpicamente agrícola inglesa, cujos elementos, que indicamos a seguir, foram tirados do «The Journal of the I. E. E.», vol. 93, part. II, n.º 36 de Dezembro de 1946.

A superfície dos Moorlands é de 1175 milhas quadradas, ou sejam aproximadamente 3.000 km², portanto cerca de 10 % maior que a dos nossos distritos de Aveiro, Braga ou Lisboa.

A sua população é de 60.000 almas, de que resulta uma densidade de população de uns 20 habitantes por km², isto é, aproximadamente 1/4 da densidade média do nosso País. Nos distritos de Lisboa e Porto este valor eleva-se a 450 e 460 habitantes/km², respectivamente; nos de Évora e de Beja baixa para 30 e 28, mesmo assim ainda excedendo a densidade dos Moorlands em quase 50 %.

Nesta área de Inglaterra existem 11.126 consumidores, num máximo de 15.269 se a totalidade dos consumidores possíveis estivesse alimentada, isto é, 73 % dos consumidores possíveis, portanto aproximadamente igual percentagem da população, estão servidos com energia eléctrica da rede pública; 57 % destes consumidores encontram-se em 6 pequenas cidades e 25 vilas, onde 80 % dos habitantes beneficiam da energia eléctrica; os restantes 43 % estão espalhados por posições isoladas ou pequenas aldeias, em que estão servidos 65 % da totalidade dos consumidores possíveis.

Estes valores conduzem-nos, em média, a 18,5 consumidores em cada 100 habitantes, número que é da mesma ordem de grandeza do do distrito de Lisboa; aqui, porém, a densidade da população é cerca de 20 vezes maior e encontra-se fortemente concentrada na capital. Se excluirmos a cidade de Lisboa, o número de consumidores por habitante baixa para 2/3 do anterior, descendo a densidade de população para 8 vezes a dos Moorlands. Se formos para regiões com densidades de população mais próximas — distritos de Beja ou de Évora — o número de consumidores por habitante é 6,5 e 3,9 vezes menor, isto é, em vez de 18,5 passamos a encontrar 2,85 e 5,0 consumidores por 100 habitantes, respectivamente.

Concluímos destes valores que, nos Moorlands, o número médio de habitantes por consumidor é de 4, aproximadamente. Isto é, há que multiplicar por 4 o número de consumidores por 100 habitantes, para obtermos a população servida em percentagem.

Se admitirmos que entre nós as coisas se passam da mesma forma, somos levados a concluir que, em 2/3 dos nossos distritos, a população servida está compreendida entre 10 e 30 % da população total das regiões respectivas. Incluem-se nestes valores os habitantes das cidades e vilas que nelas existam, do que resulta uma percentagem apreciàvelmente menor de habitantes rurais servidos pela electricidade.

Mesmo que se verifique ser, para o nosso País, demasiado baixo o coeficiente 4 que fixamos e que se justifique, portanto, tomar um valor mais elevado (facto que não nos repugna admitir), nem por isso a percentagem da população servida, principalmente da rural, deixa de ser impressionantemente baixa.

Para maior clareza e facilidade de consulta, reuniram-se no quadro n.º 5 da página seguinte, os valores estatísticos que mais podem interessar para a presente comparação. Ele não se refere ao distrito de Bragança, por os números respectivos carecerem de significado.

A disseminação dos consumidores, característica das áreas agrícolas, traduz-se aqui pela fraca densidade de 3,7 consumidores por km², numa região em que há quase 20 consumidores por 100 habitantes ou, se quisermos, em que quase 3/4 da população está servida com energia eléctrica, sendo a sua densidade muito fraca.

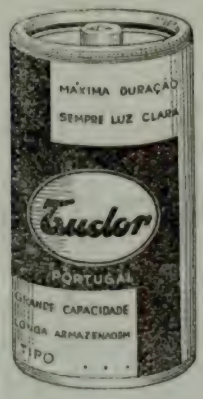
QUADRO 5

DISTRITOS	N.º de consumidores em baixa tensão × 10³	População × 10³ habitantes	Superfície Km²	habitantes / Km²	Consumidores / 100 habitantes	Consumidores / Km²	Postos de transformação alimentando directamente os consumidores — Número de P. T. 3 ~	1 ~	Total	Potência total 10³ KVA	Potência média KVA / Posto transformação	Consumidores / Posto de Transf.ª	Habitantes / Posto de Transf.ª	KVA / Consumidor	KVA / Habitante	Linhas de alta tensão — de 25 a 50 KV 3 ~ Km	até 25 KV 3 ~ Km	1 ~ Km	Total 3~+1~ Km	Km linhas AT / 10³ Consumidores	Km linhas AT / 10³ habitantes
Lisboa	231	1.227	2747	447	18,9	84,5	955	–	955	173,4	182	240	1270	0,75	0,14	349	768	–	1117	5,05	0,95
idem, excluindo o concelho de Lisboa	54	437	2660	164	12,4	20,3	454	–	454	88,–	194	119	965	1,63	0,2	228	367	–	595	11,–	1,36
Porto	148	1.053	2282	462	14,1	65,2	1055	–	1055	188,4	179	141	1000	1,27	0,18	–	1156	–	1156	7,75	1,1
idem, excluindo o concelho do Porto	77	768	2242	342	10	34,3	838	–	838	122,3	146	92	915	1,58	0,16	–	865	–	865	11,2	1,13
Aveiro	55,5	477	2772	172	11,6	20	345	–	345	23,2	67,2	161	1385	0,42	0,05	–	592	–	592	10,8	1,24
Braga	28	541	2730	198	5,25	10,2	405	–	405	60,7	150	69	1340	2,07	0,11	124	550	–	674	24,1	1,25
Viana do Castelo	10,5	274	2108	130	3,84	5,0	82	–	82	5,7	69,5	128	3340	0,54	0,021	8	191	–	199	19,–	0,73
Vila Real	10	317	4238	74,8	3,16	2,36	113	–	113	11	97,5	89	2810	1,1	0,035	109	222	–	331	33,1	1,05
Viseu	19,5	487	5006	97,5	4	3,9	201	–	201	9,5	47,5	97	2420	0,49	0,02	162	469	–	631	32,4	1,3
Guarda	13	304	5496	55,5	4,35	2,37	144	–	144	9,2	64	90,3	2110	0,71	0,03	196	341	–	537	41,3	1,77
Castelo Branco	15,5	320	6704	47,8	4,8	2,24	122	–	122	18	147	123	2620	1,2	0,056	167	243	–	410	27,3	1,28
Coimbra	35,5	432	3956	109	8,4	9	261	–	261	29,3	111	134	1650	0,83	0,067	58	638	–	696	20,–	1,62
Leiria	20,5	389	3435	113	5,26	5,97	179	–	179	24	134	112	2160	1,2	0,062	298	168	–	466	23,3	1,2
Santarém	26	453	6689	67,6	5,74	3,9	149	–	149	45,2	303	174	3040	1,74	0,1	422	93	–	515	19,8	1,12
Portalegre	12	197	6133	32,1	6,1	1,96	65	–	65	4,–	61,5	185	3030	0,32	0,02	252	118	–	370	30,5	1,88
Évora	11	220	7388	29,8	5,0	1,49	24	–	24	3,5	146	458	9150	0,33	0,016	137	82	–	219	20,–	1,0
Beja	8,2	287	10.276	28,2	2,85	0,8	28	–	28	1,5	53,5	294	10.300	0,18	0,005	40	148	–	188	22,8	0,65
Setúbal	33	324	5105	63,5	10,2	6,43	186	–	186	37	199	178	1740	1,12	0,115	365	235	–	600	18,2	1,85
Faro	19	326	5072	64,4	5,95	3,8	68	–	68	3,2	47	280	4800	0,17	0,01	7,5	200	–	207	10,8	0,63
Moorlands	**11,1**	**60**	**3000**	**20**	**18,5**	**3,7**	**105**	**888**	**993**	**21,8**	**22**	**11,2**	**60,5**	**1,96**	**0,36**	**80**	**510**	**375**	**965**	**87**	**16,1**

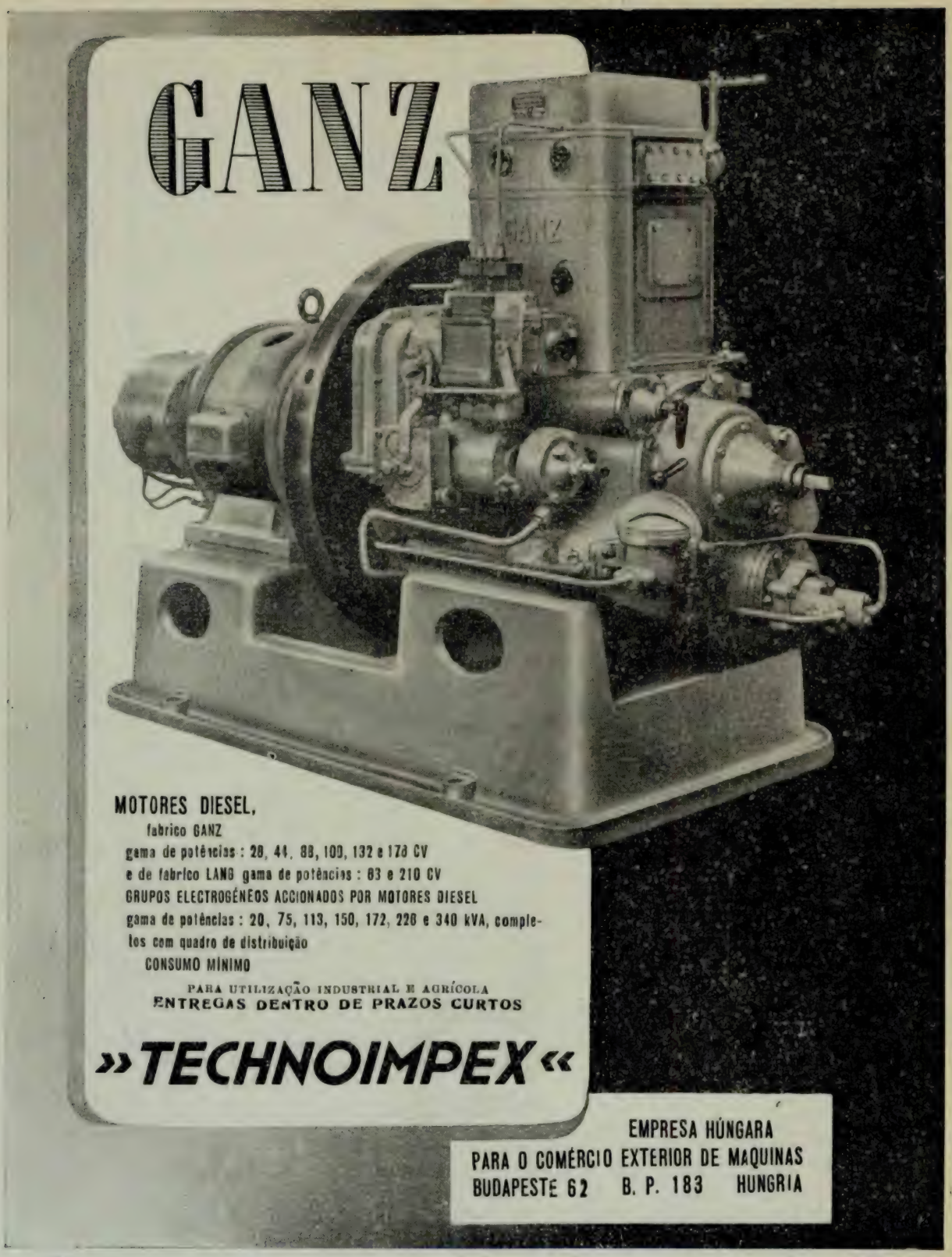
BATERIAS

PORTUGAL

PILHAS SECAS



• A MARCA MAIS ANTIGA •
• A MELHOR QUALIDADE •
• O MENOR CUSTO •


GANZ
MOTORES DIESEL,
fabrico GANZ
gama de potências : 28, 44, 88, 100, 132 e 178 CV
e de fabrico LANG gama de potências : 63 e 210 CV
GRUPOS ELECTROGÉNEOS ACCIONADOS POR MOTORES DIESEL
gama de potências : 20, 75, 113, 150, 172, 226 e 340 kVA, completos com quadro de distribuição
CONSUMO MÍNIMO
PARA UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA
ENTREGAS DENTRO DE PRAZOS CURTOS
»TECHNOIMPEX«
EMPRESA HÚNGARA
PARA O COMÉRCIO EXTERIOR DE MAQUINAS
BUDAPESTE 62 B. P. 183 HUNGRIA

A dispersão da população implica, evidentemente, por consumidor ou habitante, um muito maior número de postos de transformação de reduzida potência unitária e de grande comprimento de linhas de distribuição com fraca potência transportada. Daqui resulta ser fundamental, para a electrificação destas regiões de consumo muito disperso, procurar a máxima economia de capital investido nas redes de distribuição. Da electrificação dos Moorlands concluiram que nas áreas rurais, depois de estabelecida uma rede trifásica que alimenta todas as cidades, grandes vilas e consumidores industriais, ainda restam vastas possibilidades de desenvolvimento económico da restante área, pelo emprego substancial da distribuição monofásica, de que resulta, segundo os autores do artigo, uma economia de 20 a 25 %. Os postes de madeira são usados, pode dizer-se, sistemàticamente nas áreas rurais, tanto nas redes mono como trifásicas; neles são fixados, perto do topo, os transformadores e respectiva aparelhagem de protecção.

Nas suas linhas gerais, a electrificação desta área típica que estamos considerando, é constituída por uma coluna dorsal trifásica, a 33 kV, cujas linhas têm um comprimento de 50 milhas e alimentam 11 transformadores trifásicos, 33/11 kV, com a potência total de 15.500 kVA. Desta, partem 318 milhas de linhas trifásicas a 11 kV, alimentando 105 postos de transformação trifásicos, 11.000/400–230 V, com uma potência total de 11.100 kVA e 235 milhas de linhas monofásicas, ligadas a 601 transformadores monofásicos, 11.000/230 ou 11.000/2 × 230 V, conforme a baixa tensão for a 2 ou a 3 fios. Existem mais 287 transformadores monofásicos com a mesma relação de transformação anterior, mas alimentados pela rede trifásica a 11 kV. A potência destes 888 transformadores monofásicos é de 10.700 kVA. A rede de baixa tensão mede 131 milhas a 230 V (2 fios) e 28 milhas a 2 × 230 V. (3 fios).

Para maior clareza vamos resumir, em dois quadros, os números atrás indicados:

QUADRO 6

Número e potência dos transformadores						
Tensões	N.º de fases	N.º de transformadores			Potência	
		Parcial	Total	%	Total	Média
					kVA	kVA
33/11 kV	3	—	11	1,1 %	15.500	1.410
11.000/400 — 230 V	3	—	105	10,4 %	11.100	106
11.000/2 × 230 ou 230 V:						
alimentados pela rede monofásica	1	601	888	88,5 %	10.700	12
alimentados pela rede trifásica	1	287				
Total	—	—	1.004	—	37.700	—

Uma das coisas que mais impressiona nos postos de transformação é o seu elevado número, que é da mesma ordem de grandeza dos que existem nos distritos de Lisboa e do Porto, para servirem uma população que é 20 e 16 vezes maior, respectivamente.

Nos Moorlands, porém, quase 90 % dos transformadores são monofásicos. Estes transformadores destinam-se a alimentar os consumidores dispersos pelos campos e pequenas aldeias, sendo assim de muito pequena potência, em média 12 kVA. Pode precisar-se, neste particular, que 818 transformadores têm uma potência inferior a 15 kVA e que só 12 foram construídos para potências de 50 kVA.

Para alimentar os consumidores das cidades e vilas e os consumidores industriais, instalaram-se 105 postos de transformação trifásicos com uma potência média de 106 kVA. É uma solução, que, pelo menos em ordem de grandeza, se pode considerar equivalente às que encontramos no nosso País. Os postos de transformação trifásicos de 33/11 kV têm a respeitável potência média de 1,4 MVA.

Há ainda que destacar o número de habitantes por posto de transformação, que impressiona tanto como os valores anteriores e que é uma consequência deles. Na área inglêsa que estamos a considerar, o seu valor médio é de 60,5 habitantes por posto de transformação, enquanto que em Portugal ele é geralmente da ordem dos milhares. Daqui resulta que o número médio de consumidores, por posto de transformação, é de 11,1 nos Moorlands e entre nós situa-se, quase sempre, na casa da centena. Pode ainda pormenorizar-se, que este último valor 11,1, se subdivide nos seguintes valores médios: 24 consumidores por transformador nas vilas e aldeias e 3 nas explorações agrícolas.

Deve ainda notar-se que a potência média por habitante, instalada nos postos de transformação, é nìtidamente mais elevada nos Moorlands: sensìvelmente dupla da dos distritos de Lisboa e do Porto e ainda mais elevada em relação aos outros distritos. O valor dos kVA instalados por consumidor é também menor entre nós, embora a diferença seja menos acentuada.

QUADRO 7

Linhas de distribuição					
Alta tensão			Baixa tensão		
Tensão	N.º de fases	Comprimento	Tensão	N.º de fios	Comprimento
33.000 V	3	80 km			
11.000 V	3	510 km	230 V	2	210 km
11.000 V	1	375 km	2 × 230 V	3	45 km

Do exame deste quadro salta à vista o comprimento relativamente grande das linhas de 11 kV, em relação não só às de 33 kV (cerca de 11 vezes mais), como também às de baixa tensão (quase o quádruplo), o que é característico de uma electrificação rural.

Entre nós, nos distritos de Lisboa e de Portalegre, há forte predominância das linhas a 30 e 10 kV. Nos de Santarém e de Setúbal a solução que se adoptou é semelhante, usando-se principalmente as tensões de 30 e 6 kV, embora já apareçam os 15 kV e os 60 kV. Para os restantes distritos a comparação parece pouco significativa.

Nestas regiões verificamos que no distrito de Lisboa, excluída a capital, as linhas até 15 kV têm um comprimento de 1,6 vezes o das de 30 kV. Nos restantes, o comprimento das linhas de 30 kV é nìtidamente maior que o das linhas até 15 kV. É sintomático, neste particular, notar que no distrito de Setúbal as linhas de tensão inferior a 15 kV estão, na sua quase totalidade, localizadas no norte do distrito, rareando fortemente no sul onde não há consumidores agrícolas.

Deve ainda reparar-se que nos Moorlands há 87 km de linhas de alta tensão até 50 kV por cada 1.000 consumidores, enquanto entre nós este número varia entre 20 e 30 km na maioria dos distritos; nos do Porto e de Lisboa ele é muito mais baixo, dada a grande concentração do consumo e no da Guarda ele sobe para 41,6. Mais acentuada é a diferença do comprimento de linhas de alta tensão por habitante, que em Portugal oscila entre 1 e 2 km por 1.000 habitantes e lá ultrapassa os 16 km por 1.000 habitantes.

Os números anteriores dão bem uma ideia do pesado encargo que representam as redes de distribuição deste tipo, pelo que se torna indispensável aligeirá-las e embaretecê-las o mais possível, e por todas as formas, a fim de tornar econòmicamente viável a sua construção. Doutra forma elas viriam onerar exageradamente o custo da energia no quadro do consumidor.

Eles mostram-nos também, em toda a sua crueza, o muito que ainda temos para fazer e fomentar neste domínio, apesar de tudo o que já se tem feito.

5. Tarifas

Nos Moorlands usavam, segundo o artigo citado, uma tarifa binómia com um termo fixo, de 120$ (30 sh.) por cada divisão de casa e por ano, e outro variável com o consumo para todos os

fins, de $25 (3 4 d.) por kWh consumido. É de notar ela não ser trinómia, como tão frequentemente sucede nas tarifas agrícolas, em que o terceiro termo depende do número de hectares da propriedade.

Entre nós encontramos tarifas muito diferentes de concelho para concelho. São bastante frequentes tarifas degressivas por escalões, em que o preço do kWh varia entre valores da ordem dos $80 a $40. Mas também as há degressivas por escalões, com o kWh entre 1$60 e $90 mais ou menos. Aparecem ainda tarifas com o kWh a preço constante que chega a atingir 3$50 e, finalmente, em muitos outros concelhos, não se previram tarifas para usos agrícolas. As soluções são as mais variadas, compreendidas mais ou menos, dentro dos valores indicados.

Não devemos deixar de frisar que os usos agrícolas beneficiam de tarifas em muitas regiões, mais favoráveis que as aplicáveis aos usos industriais; em muitos outros concelhos estas duas tarifas são iguais e, só raramente, a dos usos agrícolas excede a segunda.

A energia eléctrica, porém, só chegará efectivamente ao quadro do consumidor aos preços acima indicados, se a linha de distribuição passar junto da instalação; caso contrário o consumidor terá de construir um ramal, cujo custo é proibitivo na grande maioria dos casos.

De facto uma linha aérea de 3 ou 6 kV custa, em ordem de grandeza, qualquer coisa como 20 a 30 contos o quilómetro; para 30 kV o seu custo sobe para a ordem dos 60 ou 70 contos o quilómetro. O custo do posto de transformação depende, evidentemente, de muitos factores (potência instalada, tensão de serviço, etc.) mas não erraremos muito se fixarmos, nos casos usuais, o seu valor total entre 20 a 40 contos.

Assim o custo do ramal, na maioria dos casos, atinge um valor da ordem das centenas de contos e destina-se a alimentar uma instalação cujo custo, regra geral, é da ordem da dezena de contos.

A comparação ou discussão dos números anteriores, pela sua complexidade, sai fora do âmbito do presente trabalho em que nos limitamos a apresentar alguns valores estatísticos.

6. Considerações finais

Os números que indicámos devem já estar francamente ultrapassados, pois o artigo a que nos referimos data de 1946 e muito se tem evoluído nestes últimos 10 anos.

Além disso, segundo o Prof. Earlp, cerca de 85 % das fazendas em Inglaterra têm possibilidades de acesso às redes de distribuição da energia eléctrica. Tive notícia de estar em execução um plano de fomento no sentido de estarem de facto electrificadas até 1960.

Esta percentagem de 85 % de explorações agrícolas electrificadas parece já hoje ter sido atingida na Dinamarca.

Consta também que na Suécia e na Suíça, as grandes dificuldades que os consumidores agrícolas tiveram em obter combustíveis durante a última guerra, os levou a aumentar apreciàvelmente o emprego da energia eléctrica, de que resultou um aumento substancial do consumo agrícola nestes países.

O melhor exemplo, porém, que podemos indicar, parece ser o da Finlândia onde em 1939, só cerca de 50 % das explorações agrícolas eram servidas pela electricidade. Uma comissão governamental elaborou, em 1947, um plano para elevar este número a 80 %, no prazo de 8 anos. Se não tiver surgido nenhum contratempo esse plano deve estar concluído. Devemos citar, neste particular, o artigo do Eng.º Rui de Sá Pereira publicado no «Boletim da Ordem dos Engenheiros», vol. III, n.º 5, suplemento n.º 21.

Infelizmente não disponho de elementos mais actualizados, suficientemente pormenorizados, além dos que indiquei. O seu conhecimento seria um subsídio valioso para o estudo da nossa electrificação rural.

É óbvio que ao citarmos a electrificação dos Moorlands, não pensamos que entre nós se vá usar, necessàriamente, uma solução idêntica. Bem pelo contrário, as redes de distribuição têm de ser talhadas à medida das condições locais, para se adaptarem às necessidades das regiões que vão

servir. Assim, é natural que a solução mais conveniente no nosso País, não seja idêntica à indicada para aquela região, dada a diferença das respectivas características.

Parece mesmo evidente que, dentro do nosso País, haverá que adoptar redes com características diferentes no norte e no sul, dada a diversidade dessas regiões. E não se afigura razoável que essa solução óptima seja fixada pelos engenheiros electrotécnicos isoladamente, parecendo de recomendar, sob todos os aspectos, que eles estudem cada região em colaboração com engenheiros agrónomos.

Se se indicou aquele exemplo, que se tomou para termo de comparação, foi só para se poder concretizar o que era uma rede de distribuição rural. Esse e os outros exemplos citados, que se não puderam pormenorizar, podem-nos orientar e sugerir a solução que mais convirá adoptar entre nós.

EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELECTRICA

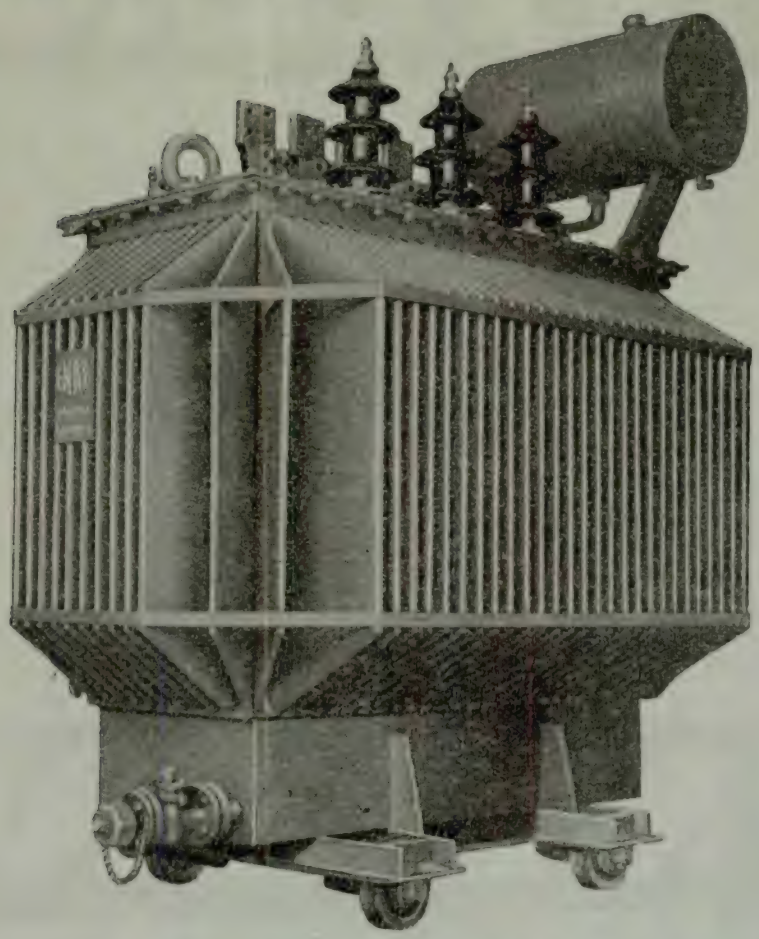
S. A. R. L.

AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

TRANSFORMADORES

ENAE

Licença SIEMENS-SCHUCKERT



Tipo sKOU 753w/20, de 750 kVA, 15.000 ± 2,5 ± 5 % V/400-231/V, ligações Dy 5 construído para a Central da Bouçã, da H. E. Z.

GAMA DE POTENCIAS: 5 a 1000 kVA — TENSÕES ATE 35 KV

Obedecendo às regras VDE 0532 para transformadores

Séries normal e rural, de perdas reduzidas, e especial, de perdas extra reduzidas

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

C. D. U. 621 396.216

COMUNICAÇÃO POR IMPULSOS

ESTUDO DA MODULAÇÃO DE SUCESSÕES DE IMPULSOS

PELO ENG.º ELECTR. I. S. T. MANUEL JOSÉ DE ABREU FARO
Prof. do I. S. T.
Bolseiro do I. A. C.

(Continuação)

I — Estudo da distorsão introduzida pela quantificação. Quantificação não uniforme. Compressores de amplitude.

Devido à operação da quantificação as amplitudes dos impulsos da sucessão modulada sofrem uma alteração. Isto significa que no desmodulador teremos uma resposta S_2^* (t) diferente de S_2 (t) que seria a resposta que se obteria se as amplitudes não tivessem sido quantificadas, haverá pois distorsão.

Note-se que as expressões analíticas de S_2^* (t) e S_2 (t) serão idênticas, simplesmente no primeiro caso figuram as amplitudes quantificadas emquanto que no segundo aparecem as amplitudes correspondentes aos valores instantâneos de S_F (t) (12) (36, 37).

Deste modo qualquer amplitude compreendida entre $E + N\Delta - \frac{\Delta}{2}$ e $E + N\Delta + \frac{\Delta}{2}$ é substituída por um amplitude $E + N\Delta$, o que significa que a operação de quantificação não tem inverso sendo portanto impossível corrigir este novo tipo de distorsão.

Trata-se pois duma distorsão que é intrínseca e característica do sistema considerado. Pelo carácter acidental de que se reveste é conhecida na prática por «ruído de quantificação».

Esboçada a natureza da distorsão introduzida pelos sistemas em código passamos ao estudo analítico da mesma.

* * *

À semelhança do que se fez anteriormente, analisaremos a distorsão comparando a função

$$S_2(t) = K \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_F(t_n) \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t - t_n - t_o)}{2\pi F(t - t_n - t_o)} \tag{36}$$

com a função

$$S_2^*(t) = K \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_F^*(t_n) \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t - t_n - t_o)}{2\pi F(t - t_n - t_o)} \tag{37}$$

em que S_F^* (t_n) representa uma amplitude quantificada.

S_2^* (t) é exactamente a resposta que se obteria no desmodulador se usássemos um filtro ideal, hipótese que facilita a presente análise.

O valor instantâneo da distorsão será d (t):

$$d(t) = S_2^*(t) - S_2(t) \tag{38}$$

A fim de simplificar a escrita podemo-nos abstrair da constante de proporcionalidade K e do atrazo no tempo « t_o ».

A distorsão será então:

$$d(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} [S_F^*(t_n) - S_F(t_n)] \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t - t_n)}{2\pi F(t - t_n)} \tag{39}$$

ou ainda

$$d(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Delta S_n \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t - t_n)}{2\pi F(t - t_n)} \tag{40}$$

sendo

$$\Delta S_n = S_F^*(t_n) - S_F(t_n)$$

Convencionaremos, ainda, que t_n é da forma:

$$t_n = \frac{n}{2\,F} \qquad \tau = 0$$

* * *

Determinemos, agora, o valor médio $\overline{d^2(t)}$ de $d^2(t)$.

$$\overline{d^2(t)} = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} d^2(t)\, dt \tag{41}$$

De (40) resulta:

$$d^2(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Delta^2 S_n \frac{\operatorname{sen}^2 2\pi F(t-t_n)}{[2\pi F(t-t_n)]^2} + \sum_{\substack{m=-\infty \\ m \neq n}}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Delta S_m\, \Delta S_n \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t-t_m)}{2\pi F(t-t_m)} \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t-t_n)}{2\pi F(t-t_n)} \tag{42}$$

No cálculo de (41) aparecem integrais da forma:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\operatorname{sen}^2 2\pi F(t-t_n)}{[2\pi F(t-t_n)]^2}\, dt = \frac{1}{2\,F} \tag{43}$$

e

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t-t_n)}{2\pi F(t-t_n)} \cdot \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t-t_m)}{2\pi F(t-t_m)}\, dt = 0 \qquad m \neq n \tag{44}$$

que se calculam a partir da fórmula:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\operatorname{sen}(x+n\pi)}{x+n\pi} \cdot \frac{\operatorname{sen}(x+m\pi)}{x+m\pi}\, dx = \pi \qquad m = n \tag{45}$$

$$m,n = \text{inteiros} \gtrless 0 \qquad = 0 \qquad m \neq n$$

Fazendo uma mudança do variável

$$x = 2\pi F t$$

em (43) e (44) resultam imediatamente os valores que se indicaram.

Em face destes resultados (41) converte-se em:

$$\overline{d^2(t)} = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Delta^2 S_n \cdot \frac{1}{2\,F} \tag{46}$$

ou ainda:

$$\overline{d^2(t)} = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{2\,F\,T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Delta^2 S_n$$

Como $2\,FT$ representa, quando $T \to \infty$, o número de impulsos N, esta expressão poderá ainda escrever-se:

$$\overline{d^2(t)} = \lim_{n \to \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Delta^2 S_n \qquad N = 2\,n + 1 \tag{47}$$

$\overline{d^2(t)}$ é, portanto, o valor médio do quadrado dos desvios ΔS_n os quais, pela definição que se deu de quantificação, poderão tomar qualquer valor x tal que:

$$-\frac{\Delta}{2} < x < \frac{\Delta}{2} \tag{48}$$

Deste modo podemos calcular $\overline{d^2(t)}$ a partir de:

$$\overline{d^2(t)} = \int_{-\Delta/2}^{\Delta/2} x^2 \, p(x) \, dx \tag{49}$$

em que p (x) representa a probabilidade do desvio ΔS_n tomar um valor compreendido entre x e (x + dx).

Como todos os desvios são igualmente prováveis:

$$p(x) = \frac{d\,x}{\Delta} \tag{50}$$

resultando para $\overline{d^2(t)}$

$$\overline{d^2(t)} = \frac{1}{\Delta}\int_{-\Delta/2}^{\Delta/2} x^2 \, dx = \frac{\Delta^2}{12} \tag{51}$$

Chegamos, assim, ao valor médio do quadrado da distorsão que é portanto

$$\frac{\Delta^2}{12} \tag{52}$$

Função quantificada Q_Δ [S_F (t)]

Estabelecido este resultado é oportuno, agora, introduzir a noção de função quantificada

$$Q_\Delta [S_F(t)] \tag{53}$$

que representará, relativamente a S_F (t), a função modulante da sucessão de impulsos cujas amplitudes foram quantificadas. De acordo com (35) Q_Δ [S_F (t)] terá a seguinte definição:

$$Q_\Delta [S_F(t)] = N\Delta + E$$

quando

$$N\Delta - \frac{\Delta}{2} + E < S_F(t) < N\Delta + \frac{\Delta}{2} + E \tag{54}$$

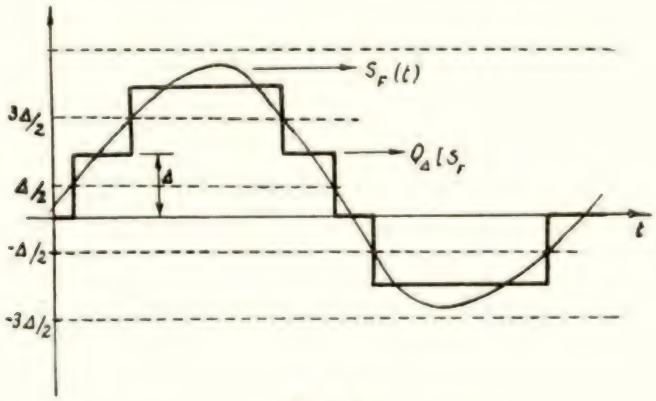


Fig. 26

Na Fig. 26 representa-se S_F (t) e Q_Δ [S_F (t)] para E = 0.

Geomètricamente é fácil relacionar S_F (t) e Q_Δ [S_F (t)]; na Fig. 27 mostra-se que a função quantificada pode-se obter de S_F (t), mediante uma função em escada v = q (u) referida ao nível E.

Se quizermos exprimir analìticamente Q_Δ [S_F (t)] bastará substituir «u» por S_F (t) em q (u)

$$Q_\Delta [S_F(t)] = q\,(S_F(t)), \quad E = 0 \tag{55}$$

restando determinar a expressão analítica de q (u).

Como fàcilmente se verifica, Fig. 28, a função q (u) decompõe-se na soma duma função periódica em dente de serra de período Δ com uma recta a 45º, donde resulta a seguinte expressão:

$$q\ (u) = u + \sum_{n=1}^{\infty} \Delta\ \frac{\cos n\pi}{n\pi}\ \text{sen}\ \frac{2\pi n}{\Delta}\ u$$

obtendo-se deste modo a expressão analítica da função quantificada:

$$Q_\Delta\ [S_F\ (t)] = S_F\ (t) + \sum_{n=1}^{\infty} \Delta\ \frac{\cos n\pi}{n\pi}\ \text{sen}\ \frac{2\pi n}{\Delta}\ S_F\ (t) \tag{57}$$

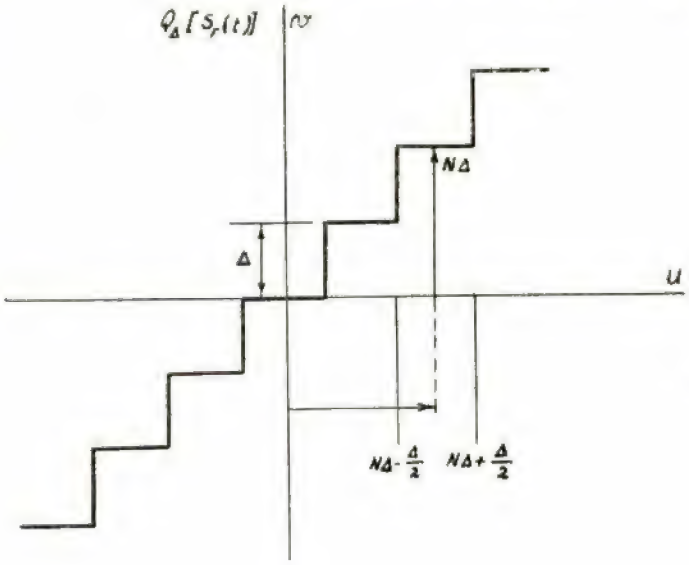


Fig. 27

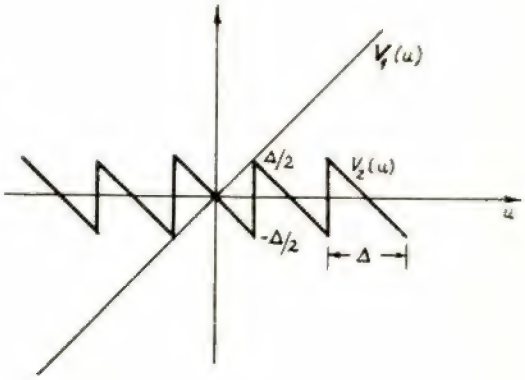


Fig. 28

À semelhança do que fizemos anteriormente podemos definir para a função quantificada uma distorsão instantânea:

$$d_Q\ (t) = Q_\triangle\ [S_F\ (t)] - S_F\ (t) \tag{58}$$

Em todas as figuras, por simplificação, tomou-se sempre $E = 0$.

* * *

A fim de esclarecer qual o significado de $d_Q\ (t)$ vamos fazer uma aplicação para o caso simples de $S_F\ (t)$ ser sinusoidal:

$$S_F\ (t) = A\ \text{sen}\ \omega\ t$$

Substituindo em (57) $S_F\ (t)$ por $A\ \text{sen}\ \omega\ t$ obtemos sucessivamente:

$$Q_\Delta\ [A\ \text{sen}\ \omega\ t] = A\ \text{sen}\ \omega\ t + \sum_{n=1}^{\infty} \Delta\ \frac{\cos n\pi}{n\pi}\ \text{sen}\ \frac{2\pi n}{\Delta}\ A\ \text{sen}\ \omega\ t$$

$$= A\ \text{sen}\ \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} \Delta\ \frac{\cos n\pi}{n\pi} \sum_{\substack{k=1 \\ k=\text{impar}}}^{\infty} 2\ J_K \left(\frac{2\pi n}{\Delta}\ A\right) \text{sen}\ K\ \omega\ t$$

em que J_K representa a função de Bessel de primeira espécie de ordem K. Invertendo os somatórios

$$A\ \text{sen}\ \omega\ t + \sum_{\substack{k=1 \\ k=\text{impar}}}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} 2\ \Delta\ \frac{\cos n\pi}{n\pi}\ J_K \left(\frac{2\pi n}{\Delta}\ A\right) \text{sen}\ K\ \omega\ t \tag{59}$$

e finalmente:

$$Q_\Delta\,[A \text{ sen } \omega\, t] = A \text{ sen } \omega\, t + \sum_{\substack{k=1 \\ k=\text{impar}}}^{\infty} B_K \text{ sen } K\, \omega\, t \tag{60}$$

em que B_K tem a expressão

$$B_K = \sum_{n=1}^{\infty} 2\,\Delta\, \frac{\cos n\pi}{n\pi}\, J_K\left(\frac{2\pi n}{\Delta}\, A\right) \tag{61}$$

A distorsão $d_Q(t)$ terá portanto a expressão

$$d_Q(t) = \sum_{\substack{k=1 \\ k=\text{impar}}}^{\infty} B_K \text{ sen } K\, \omega\, t$$

donde se conclui que é uma função periódica só com harmónicas ímpares de «t».

Vejamos agora qual a relação que existe entre a distorsão $d_Q(t)$ e a distorsão $d(t)$ que realmente se observa na desmodulação, as quais são, evidentemente, diferentes.

Seja $\omega_r' = 2\pi f_r$ em que f_r é a frequência de repetição e $F = f_r/2$ a banda de transmissão do filtro desmodulador.

Todas as frequências de $d_Q(t)$ que satisfaçam a

$$f,\ 3f,\ \ldots,\ (2+1)\,f < \frac{f_r}{2}$$

incluem-se directamente em $d(t)$.

A qualquer frequência f_1 de $d_Q(t)$ tal que

$$f_r/2 < f_1 < 3\,f_r/2$$

corresponderá em $d(t)$ uma frequência

$$\pm\left[f_r - f_1\right]$$

que resulta duma banda lateral de frequência de repetição.

Se f_1 estiver compreendida entre $3\,f_r/2$ e $5\,f_r/2$, teremos em $d(t)$ uma frequência $\pm\,[\,f_1 - 2\,f_r\,]$ que provém duma banda lateral de $2\,f_r$ e assim sucessivamente.

Conclusão:

1) — Todas as frequências de $d_Q(t)$ influem na distorsão instantânea $d(t)$. A acção das frequências superiores a F faz-se sentir dum modo indirecto através das bandas laterais dos múltiplos $n\,f_r$ da frequência de repetição. Neste caso as amplitudes sofrem uma redução de

$$\frac{1}{n\pi}\ \frac{T_r}{T}\ \text{sen } n\pi\,\frac{T}{T_r}$$

que para impulsos muito curtos é pràticamente a unidade, podendo admitir-se que as amplitudes se mantêm (Experiências correspondentes às fotografias 21 a 24).

2) — Se as frequências das bandas laterais não coincidirem entre si ou com as que directamente se contêm no intervalo (O a F), os valores médios de d_Q^2 e $d^2(t)$ são os mesmos, desde que os impulsos sejam infinitesimais.

Neste caso, poderíamos então concluir a igualdade dos valores médios de $d^2(t)$ e $d_Q^2(t)$.

$$\lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} d^2(t)\, dt = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} d_Q^2(t)\, dt \tag{62}$$

Se por exemplo, a frequência f de A sen ωt fosse submúltipla de $f_{r/2}$ já haveria sobreposição. No caso de $d_Q(t)$ ter um espectro contínuo, esta dar-se-á sempre, o que significa que dum modo geral não é válida a conclusão de (62).

Há pois necessidade de estudar analìticamente e interpretar convenientemente o caso de $d_Q(t)$ apresentar um espectro contínuo; essa análise vai feita no Apêndice III.

Por via diversa vamos, no entanto, demonstrar que, estatìsticamente, na hipótese de Δ ter um valor pequeno e $S_F(t)$ oscilar entre amplitudes que incluam um número elevado de níveis Δ «o valor médio de $d_Q^2(t)$ é aproximadamente igual ao valor médio de $d^2(t)$ anteriormente estabelecido».

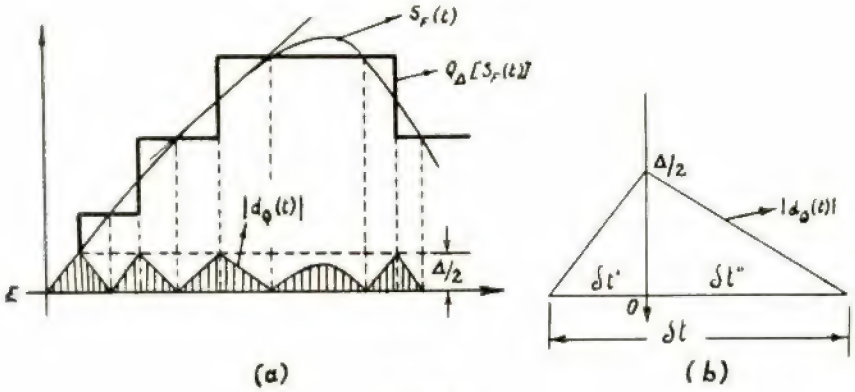


Fig. 26

Consideremos, para isso, a Fig. 29-a onde se representa $S_F(t)$ a função quantificada e o módulo de $d_Q(t)$.

Como se vê, $|d_Q(t)|$ tem uma variação triangular com valores máximos de $\Delta/2$, exceptuando-se a região correspondente ao máximo.

Se Δ for pequeno, $S_F(t)$ coincidirá, aproximadamente, entre dois níveis com a tangente tirada no ponto intermédio, sendo portanto a variação pràticamente triangular (Fig. 29-b).

Se $S_F(t)$ tiver uma variação tal que inclua um grande número de níveis, a maior parte das contribuições para $|d_Q(t)|$ serão da forma triangular, desprezando-se as referidas excepções.

Consiste a aproximação do presente cálculo admitir-se que por cada intervalo Δ o módulo $|d_Q(t)|$ varia segundo o modo que se indica na Fig. 29-b.

Calculemos nessa hipótese:

$$\int_{\delta t} d_Q^2(t)\, dt \tag{63}$$

para $\delta t'$

$$\left| d_Q(t) \right| = \frac{\Delta}{2}\left(1 + \frac{t}{\delta t'}\right)$$

para $\delta t''$ (64)

$$\left| d_Q(t) \right| = \frac{\Delta}{2}\left(1 - \frac{t}{\delta t''}\right)$$

donde resulta para (63)

$$\int_{\delta t} d^2_Q(t)\, dt = \frac{\Delta^2}{12}\, \delta t \tag{65}$$

Utilizaremos agora este resultado para calcular o valor médio de $d^2_Q(t)$, vindo:

$$\lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} d^2_Q(t)\, dt \sim \frac{\Delta^2}{12} \lim \frac{1}{T} \sum_K \delta t_K = \frac{\Delta^2}{12} \tag{66}$$

em que os δt_K representam os intervalos de tempo correspondentes a cada contribuição triangular.

Obtem-se, assim, um resultado que é exactamente igual ao valor médio do quadrado de d^2 (t) anteriormente determinado.

Podemos, assim, concluir que embora d (t) seja distinta de d_Q (t), os valores médios dos seus quadrados são, dentro das aproximações admitidas, iguais, pelo que a função d_Q (t) é apropriada para o estudo da distorsão do sistema.

Consideremos agora o valor relativo da distorsão, o qual será definido por d_r

$$d_r = \sqrt{\frac{\overline{d'_Q(t)}}{\overline{S'_F(t)}}} \tag{67}$$

ou seja, a raiz quadrada do quociente dos valores médios dos quadrados de d_Q (t) e S_F (t).

Como o numerador tem um valor constante

$$\frac{\Delta^2}{12}$$

d_r dependerá do valor médio de S'_F (t).

Se S_F (t) oscilar entre limites de pequena amplitude d_r assumirá valores elevados, o que resulta de nessas condições a função quantificada ser já uma aproximação muito grosseira de S_F (t). Isto poderia evitar-se se reduzíssemos Δ a um valor muito pequeno tendo-se, assim, um elevado número de níveis, o que conduziria a sistemas tècnicamente difíceis e pouco económicos.

A solução mais simples e racional será abandonar uma quantificação uniforme e usar uma variação Δ que dependa da amplitude quantificada e que será lògicamente uma função crescente desta. A função $v = q(u)$ passa a ter o aspecto que se representa na Figura 30.

Esta solução é mais viável relativamente ao número de níveis que utiliza, mas ainda é tècnicamente difícil de realizar.

Na prática tem-se usado um processo que simula uma quantificação não uniforme, e que consiste em utilizar um «compressor» que antes da quantificação dá maior relevo às pequenas amplitudes, sendo, em seguida, a saída do compressor quantificada uniformemente.

Na recepção, a sucessão de impulsos constituída antes de desmodulada, atravessa um «expansor» que, por uma acção inversa, confere à função modulante as características duma função quantificada não uniformemente.

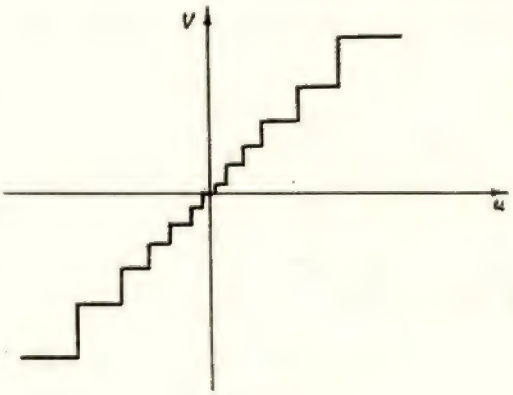


Fig. 30

No quadro n.º 4 mostra-se a característica dum compressor, S_F (t) e a saída do compressor.

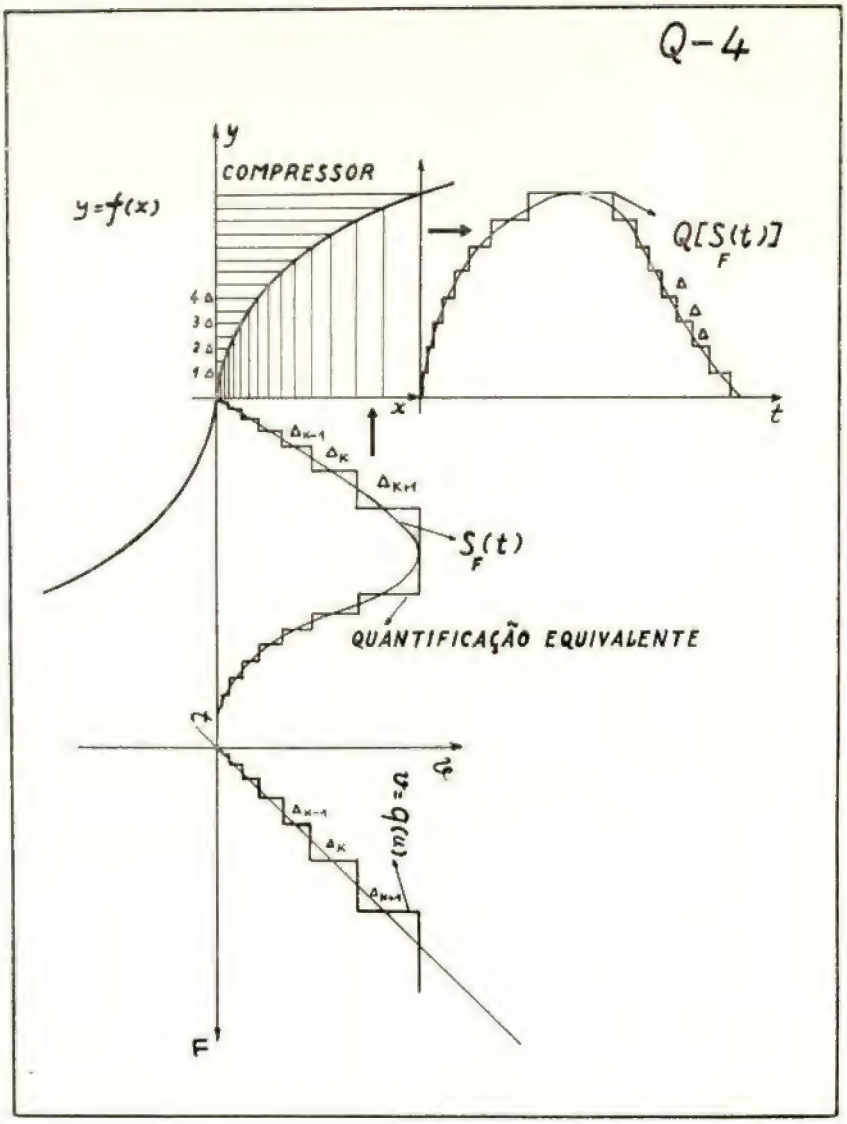
A saída do compressor é agora quantificada, sendo fácil reconstituir qual é a quantificação não uniforme equivalente.

No mesmo quadro representa-se ainda a forma da função $v = q(u)$ correspondente.

Notemos que para uma quantificação não uniforme S_F (t) já não intersecta Q [S_F (t] no ponto médio da diferença de nível, pelo que a distribuição triangular de $|d_Q(t)|$ tem o aspecto que se indica na Fig. 31; para valores de Δ pequenos podemos no entanto continuar a admitir que é a mesma e que, portanto, para uma diferença de nível Δ_K teremos ainda:

$$\int_{\delta t_K} d'_Q(t)\, dt = \frac{\Delta^2_K}{12}\, \delta t_K$$

No Apêndice IV discute-se detalhadamente a validade da aproximação feita.



J — Estabelecimento da forma do compressor

Vamos agora estabelecer qual a forma mais conveniente do compressor; recorremos para isso à expressão da distorsão relativa" dr" (67)

$$d^2_r = \lim_{T \to \infty} \frac{\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} d^2_Q(t)\, dt}{\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} S^2_F(t)\, dt} \tag{68}$$

Seja S^2_{FK} o valor médio de $S^2_F(t)$ no intervalo δt_K; de acordo com os resultados anteriores teremos:

$$d^2_r = \frac{\sum_K \frac{\Delta^2_K}{12}\, \delta t_K}{\sum_K S^2_{FK}\, \delta t_K} \tag{69}$$

BOMBAS

Bombas de água fria e quente

Bombas de mina

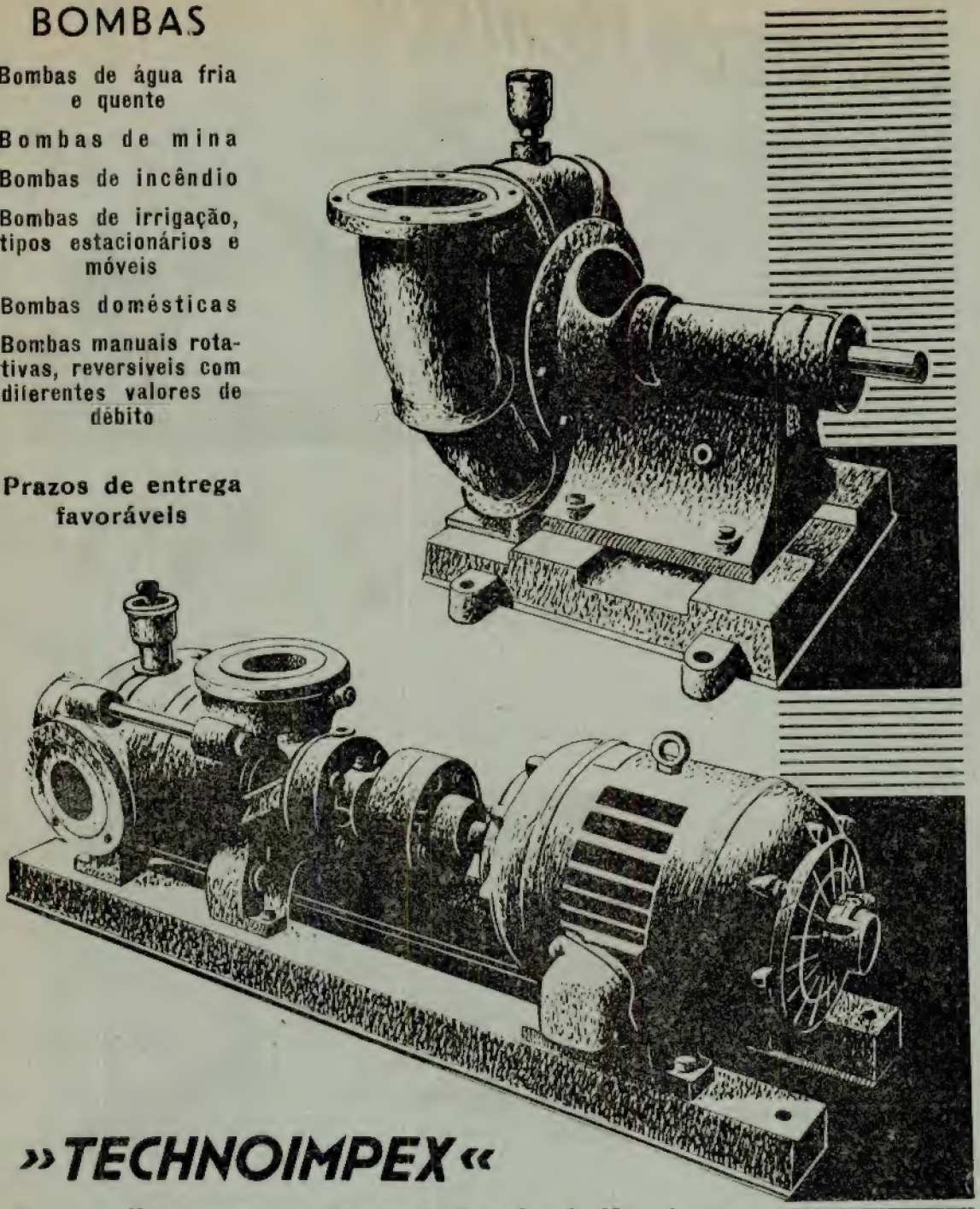
Bombas de incêndio

Bombas de irrigação, tipos estacionários e móveis

Bombas domésticas

Bombas manuais rotativas, reversíveis com diferentes valores de débito

Prazos de entrega favoráveis



»TECHNOIMPEX«

Empresa Húngara para o Comércio Exterior de Máquinas

BUDAPESTE 62. B. P. 183. HUNGRIA

Serviços técnicos

Anúncio 1

SECÇÃO DE PROPOSTAS

Em todos os estabelecimentos SKF existem técnicos e engenheiros especializados ao dispor de quem os queira consultar sobre tudo quanto diga respeito a rolamentos, bem como a prestarem toda a colaboração na escolha dos mesmos e controlar a sua montagem.

Também, para um maior desenvolvimento do seu serviço técnico, faz a SKF um constante intercâmbio entre os seus estabelecimentos de todo o mundo.

SOCIEDADE SKF LIMITADA

LISBOA, Praça da Alegria, 66-A
PORTO, Avenida dos Aliados, 152

SKF

B T-H

Corrente Contínua para a Indústria

RECTIFICADORES DE VAPOR DE MERCÚRIO

Projectados pelos engenheiros especialistas da BTH, e construídos por homens com longa experiência neste tipo de equipamento de conversão os rectificadores BTH, pelo seu serviço eficiente e seguro alcançaram no mundo inteiro uma reputação sem igual.

A figura mostra parte de uma instalação de rectificadores em tanque de aço, sem bomba da União Fabril do Azoto-Alferrarede. Estes rectificadores alimentam dois conjuntos de células electrolíticas de 15.000 amp. 600 volts que fornecem hidrogénio para produção de amónio.

THE **BRITISH THOMSON-HOUSTON** COMPANY LIMITED, RUGBY ENGLAND
Member of the AEI group of companies

REPRESENTANTES GERAIS
GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA
RUA DO NORTE, 5 – LISBOA • RUA SÁ DA BANDEIRA, 585 – PORTO

Substituamos em (69) S_{FK} por M_K, amplitude correspondente ao ponto médio do intervalo Δ_K, a qual difere pouco de S_{FK} sempre que $M_K \gg \Delta_K$. Virá então:

$$d_r^2 \simeq \frac{\sum_K \frac{\Delta_K^2}{12} \delta t_K}{\sum_K M_K^2 \, \delta t_K} \qquad (70)$$

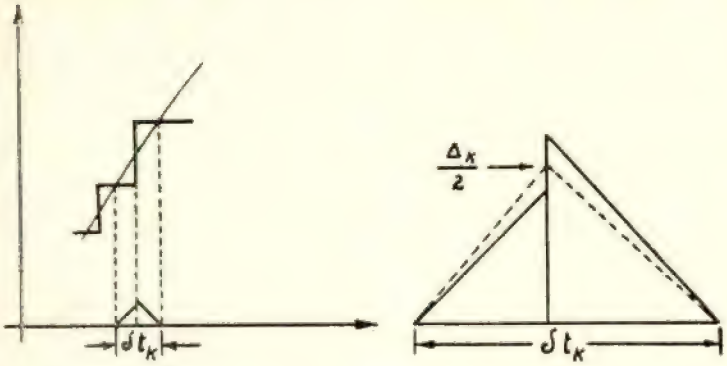


Fig. 31

No Apêndice III discute-se também a validade desta aproximação. Se impusermos a condição de

$$\frac{\Delta_K}{M_K} = \Delta_r \qquad (71)$$

obtemos um resultado interessante

$$d_r^2 \simeq \frac{\Delta_r^2}{12} \qquad (72)$$

Isto é, quando o compressor satisfizer a (71)

$$\frac{\Delta_K}{M_K} = \Delta_r = \text{constante}$$

a distorsão relativa d_r é, pràticamente, independente de S_F (t) tendo o seu quadrado o valor:

$$d_r^2 = \frac{\Delta_r^2}{12} \qquad (72)$$

* * *

A relação (71) vai-nos permitir estabelecer a forma do compressor mais conveniente, que será aquele em que a distorsão relativa é independente de S_F (t).

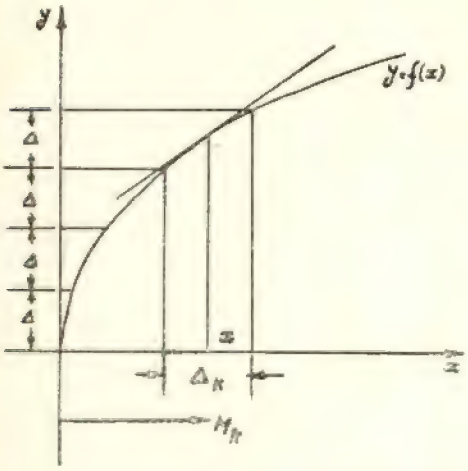


Fig. 32

Na fig. 32 representamos por f (x) a função que pretendemos determinar.

A condição (71)

$$\frac{\Delta_K}{M_K} = \Delta_r \qquad (71)$$

é equivalente a:

$$\frac{\Delta}{f'(x)} \quad \frac{1}{x} = \Delta_r \qquad (72)$$

que resulta de se ter posto $x = M_k$

$$x = M_k \qquad (73)$$

e da relação

$$\frac{\Delta}{\Delta_k} \simeq f'(x) \qquad (74)$$

(72) poderá ainda escrever-se:

$$dy = \frac{\Delta}{\Delta_r} \quad \frac{1}{x} \, dx \qquad (75)$$

que representa uma equação diferencial que integrada conduz a

$$\frac{y}{Y} = 1 + \frac{\Delta}{Y\,\Delta_r} \log\left(\frac{x}{X}\right) \tag{76}$$

em que $Y = f(X)$.

Podemos agora impor uma condição: para $x_{máx.}$ $x = y = A$ (76) tomará então, a forma

$$\frac{y}{A} = 1 + \frac{\Delta}{A\,\Delta_r} \log\left(\frac{x}{A}\right) \tag{77}$$

Designando por «n» o «número de níveis que se contêm na variação total $\pm$ A» $n = 2\,A/\Delta$, (77) converte-se em:

$$\frac{y}{A} = 1 + \frac{2}{n\,\Delta_r} \log\left(\frac{x}{A}\right) \tag{78}$$

que representa a característica pretendida.

* * *

Vejamos agora se

$$\frac{y}{A} = 1 + \frac{2}{n\,\Delta_r} \log\left(\frac{x}{A}\right) \tag{78}$$

é compatível com a forma geral que se exige à característica dum compressor.

Do quadro n.º 4, conclui-se que f (x) deverá ser uma função ímpar, condição a que não satisfaz (78), entendendo-se assim que, para $x,y < 0$, a característica é definida por

$$-\frac{y}{A} = 1 + \frac{2}{n\,\Delta_r} \log\left(-\frac{x}{A}\right) \tag{78-a}$$

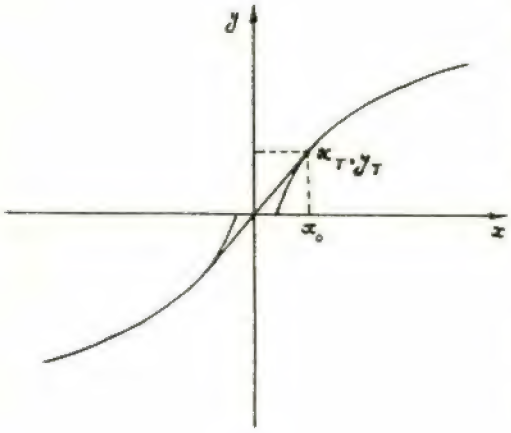


Fig. 33

e que, na vizinhança da origem, é substituída pela tangente comum a (78) e (78-a), fig. 33.

Para valores convenientes de $(n\,\Delta_r)$ o ponto x_0 em que «y» se anula é suficientemente próximo da origem para que, pràticamente, se possa admitir que d_r é constante e igual a:

$$d_r = \frac{\Delta_r}{\sqrt{12}}$$

Determinemos, agora, o valor de x_0 e as coordenadas do ponto de tangência (x_T, y_T).

x_T representa a menor amplitude x que ainda satisfaz à condição

$$\frac{\Delta}{f'(x)\,x} = \Delta_r \tag{72}$$

o que significa que quando S_E (t) se contiver no intervalo $(-x_T, x_T)$ a distorsão relativa dependerá do sinal.

De (78) tiramos as seguintes relações:

$$\frac{x_0}{A} = \frac{1}{\varepsilon^{\frac{n\,\Delta_r}{2}}} \qquad \frac{x_T}{A} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon^{\frac{n\,\Delta_r}{2}}} \qquad \frac{y_T}{A} = \frac{2}{n\,\Delta_r} \tag{79}$$

donde se conclui que (x_0/A) se pode tornar tão pequeno quanto quizermos, para o que basta atribuir a $(n\,\Delta\,r/2)$ um valor suficientemente grande.

Impondo a x_0/A o valor $1/M$ teremos:

$$\frac{x_0}{A} = \frac{1}{M} \qquad \frac{x_T}{A} = \frac{\varepsilon}{M} \qquad \frac{y_T}{A} = \frac{1}{\log M} \tag{79-a}$$

e ainda:

$$\frac{n\,\Delta_r}{2} = \log M \tag{80}$$

determinando-se para a distorsão relativa

$$d_r = \frac{\Delta_r}{\sqrt{12}} = \frac{\log M}{\sqrt{3}\,n} \tag{81}$$

Obtemos, assim, os seguintes resultados:

1) — Para uma dada característica, $M =$ constante, a distorsão relativa é inversamente proporcional ao número «n» de níveis que se utiliza.
2) — A distorsão «d_r» só é constante, em rigor, se em toda a sua duração $|S_F(t)| > x_T$.
3) — É sempre possível tornar x_T suficientemente pequeno para que em média «d_r» se possa considerar, pràticamente, constante.
4) — Se impusermos que x_T seja igual a εM, a distorsão relativa assumirá o valor

$$d_r = \frac{\log M}{\sqrt{3}\,n}$$

proporcional, para um dado «n», ao logaritmo de «M».

Isto significa, em última análise, que o facto de tornarmos «d_r» constante para amplitudes muito pequenas, implica que a maior parte dos níveis se concentre na vizinhança da origem, tornando-se os intervalos Δ_K muito grandes para as amplitudes próximas do máximo, o que se traduz por um aumento de Δ_r e consequente agravamento de d_r.

* * *

Posto isto, vamos aplicar a teoria exposta à determinação duma característica para o caso concreto de ser $n = 127$ que representa um número que tem sido utilizado na prática.

Vamos impor a M o valor de 100, a que corresponde:

$$\log M = 4{,}6$$

$$\left(\frac{x_0}{A}\right) = \frac{1}{M} = 0{,}01 \qquad \left(\frac{x_T}{A}\right) = \frac{\varepsilon}{M} = 0{,}027 \qquad \left(\frac{y_T}{A}\right) = \frac{1}{\log M} = 0{,}22$$

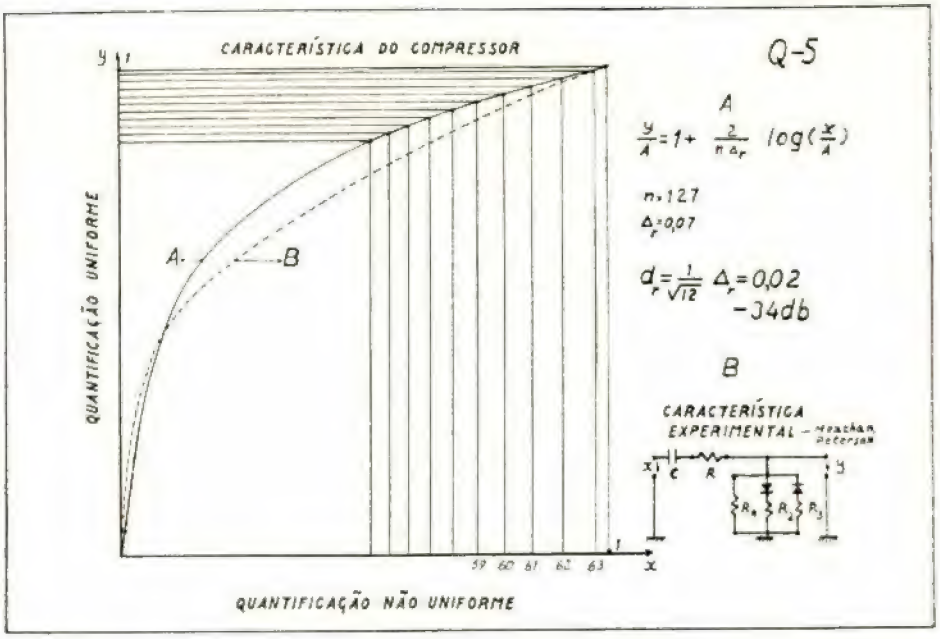
vindo para

$$\Delta_r = \frac{2 \log M}{n} = 0{,}072 \simeq 0{,}07$$

e finalmente para a distorsão relativa:

$$d_r = \frac{\Delta_r}{\sqrt{12}} = \frac{\log M}{\sqrt{3}\,n} = 0{,}0209 \simeq 0{,}02 = -\ 34 \text{ db}$$

No quadro n.º 5 representamos, curva A, a característica correspondente a estes valores; mostram-se ainda, para as amplitudes próximas do máximo, a correspondência entre os intervalos $\Delta_K(x)$ e os intervalos constantes da quantificação uniforme (y).



Como se pode observar, só para os valores vizinhos de (x_o/A) se nota um afastamento sensível entre a tangente e a curva logarítmica, que se representa nesta região a tracejado.

* * *

Analisemos agora qual seria a distorsão relativa duma sinusóide de amplitude A no caso de usar uma quantificação uniforme e o número de níveis ser como anteriormente 127.

Designando-se por Δ o valor constante de cada intervalo entre níveis, teremos:

$$\text{Valor médio de } d_Q^2(t) \qquad \frac{\Delta^2}{12}$$

$$\text{Valor médio de } S_F^2(t) \qquad \frac{A^2}{2}$$

o que conduz a:

$$d_r = \sqrt{\frac{\overline{d_Q^2(t)}}{\overline{S_F^2(t)}}} = \frac{\Delta}{A\sqrt{6}} = \frac{2}{n_{2A}\sqrt{6}} = 0{,}0064 \simeq \frac{0{,}02}{3}$$

$$n_{2A} = 127$$

Se reduzirmos a amplitude a 1/10 teremos:

$$d_r = 0{,}066 \simeq 3 \times 0{,}02$$

Estes números mostram que o facto de termos uma distorsão relativa constante acarreta para d_r um valor três vezes maior do que se observaria na quantificação uniforme quando $S_F(t)$ é uma sinusóide de amplitude igual ao valor máximo A.

Em compensação, quando a amplitude se reduz a 1/10 já a distorsão na quantificação uniforme se torna três vezes maior que o valor constante 0,02.

Mais significativo do que isto é talvez notar-se que para uma amplitude de A/10 o sinal contém entre os valores máximo e mínimo:

13 níveis na quantificação uniforme, enquanto que para o compressor cuja característica se estabeleceu, contém 63.

Daqui se pode avaliar as possibilidades dum e doutro processos em relação a sinais de pequena amplitude.

* * *

Vamos agora estabelecer um critério objectivo para a determinação de M, impondo-se que M seja tal que o menor sinal que interessa distinguir, seja quantificado por 11 níveis, entre valores máximo e mínimo fixando-se a sua amplitude $x_m = 5\Delta$.

Como para essas amplitudes a curva é substituída pela tangente, teremos uma quantificação uniforme, o que acarreta para um $S_F(t)$ sinusóidal uma distorsão relativa de:

$$d_r = \frac{\Delta}{x_m\sqrt{6}} = \frac{1}{5\sqrt{6}} \simeq 8\,\%$$

Determinemos agora M.

Seja, então, (x_m/A) a mínima amplitude que interessa distinguir e n o número de níveis em 2 A. No eixo dos y corresponderá a (x_m/A) uma amplitude (y_m/A) estando relacionadas por:

$$\left(\frac{y_m}{A}\right) = \left(\frac{x_m}{A}\right) \frac{y_T}{x_T}$$

em que x_T e y_T são as coordenadas do ponto de tangência. Utilizando as expressões (79-a) de x_T e y_T em função de M virá:

$$\left(\frac{y_m}{A}\right) = \left(\frac{x_m}{A}\right) \frac{M}{\varepsilon \log M}$$

$\left(\frac{y_m}{A}\right)$, por outro lado, corresponde a 5Δ e, portanto, pode ser expressa por:

$$\frac{y_m}{A} = \frac{5}{n/2} = \frac{10}{n}$$

o que, substituído na expressão anterior, conduz a:

$$\frac{10}{n} = \left(\frac{x_m}{A}\right) \frac{M}{\varepsilon \log M}$$

Uma vez que se conheça $\left(\frac{x_m}{A}\right)$, M fica determinado; resta agora estabelecer o valor conveniente da amplitude mínima.

Numa conversação normal encontramos diferenças de nível da ordem dos 40 db; se admitirmos que se fala muito baixo e muito alto poder-se-á admitir uma variação de 60 db.

Tratando-se dum sistema de telefonia $\left(\frac{x_m}{A}\right)$ deverá ter, consoante o grau de discriminação que se exija valores compreendidos entre 0,01 e 0,001.

$$\left(\frac{x_m}{A}\right) = 0{,}01 \rightarrow -40 \text{ db}$$

$$\left(\frac{x_m}{A}\right) = 0{,}001 \rightarrow -60 \text{ db}$$

Para estes limites obtemos os seguintes valores:

$$\left(\frac{x_m}{A}\right) \rightarrow -40 \text{ db} \qquad \frac{M}{\varepsilon \log M} = 7{,}87 \qquad M = 98 \qquad d_r = 0{,}020 \simeq -34 \text{ db}$$

$$\left(\frac{x_m}{A}\right) \rightarrow -60 \text{ db} \qquad \frac{M}{\varepsilon \log M} = 78{,}7 \qquad M = 1540 \qquad d_r = 0{,}033 \simeq -30 \text{ db}$$

vindo para x_T respectivamente

$$\frac{x_T}{A} = 0{,}027 \qquad e \qquad \frac{x_T}{A} = 0{,}0016$$

valores estes que, como se previu, contêm x_m/A o que sucederá sempre que

$$\frac{10}{n} < \frac{1}{\log M} = y_T$$

* * *

A característica estabelecida para M = 100 corresponde, portanto, aproximadamente ao primeiro caso admitido $\left(\frac{x_m}{A}\right) = 0{,}01$.

Se quizéssemos manter d_r constante e ao mesmo tempo exigíssemos uma discriminação de amplitudes mínimas da ordem de 60 db, já M teria que ser muito maior não resultando daí um grande agravamento para a distorsão, visto que é proporcional ao logaritmo.

Parece-nos razoável que, na prática, se possa adoptar uma solução que consistirá em seguir, até amplitudes pequenas, a curva teórica para $M \simeq 100$ e para as amplitudes menores introduzir um afastamento que se traduza por uma inclinação na origem, maior do que a correspondente a este valor de M.

Como, em média, as pequenas amplitudes têm pouca influência para a distorsão, consegue-se assim ter um número de níveis razoável para as pequenas amplitudes e ao mesmo tempo manter, em média, um valor baixo de d_r.

* * *

No quadro n.º 5 apresentamos a tracejado uma característica (B) que foi utilizada na prática por Meachan e Peterson num sistema experimental de comunicação por impulsos em código e no qual se usou n = 127.

Este sistema vem descrito num artigo da revista « The Bell System Technical Journal » — Janeiro — 1948, sob o título «An Experimental Multichannel Pulse-Code Modulation System of Toll Quality.

Os autores não dão a expressão analítica da característica do compressor nem o critério que utilizaram no seu estabelecimento, limitando-se a apresentá-la. Indicam, no entanto, o processo utilizado na realização prática do compressor, a que corresponde o esquema que figura na parte inferior do quadro.

A curva prática coincide aproximadamente com a curva teórica que estabelecemos para M = 100, apresentando na vizinhança da origem uma inclinação superior.

Os autores não indicam valores da distorsão.

* * *

O método que utilizamos supomos que é original, não sendo do nosso conhecimento nenhum processo directo de estabelecimento da curva do compressor.

Não queremos, no entanto, terminar este capítulo, sem fazer referência a um resultado obtido por: «Panter» Quantization Distortion in Pulse-Count Modulation With Nonuniform Spacing of Levels «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», Janeiro 1951.

No referido artigo, o autor não deduz a característica partindo duma função logarítmica

$$v_2 = \frac{V}{\log(1+\mu)} \log\left(1 + \mu \frac{v_1}{V}\right)$$

em que:

$$V = A \qquad x = v_1 \qquad e \qquad y = v_2$$

e utilizando um método diferente de análise, demonstra que a distorsão, no caso do sinal abranger um número elevado de níveis, é:

$$D = \frac{\log(1+\mu)}{\sqrt{3}\,\mu\,N}\,(c^2+\mu^2)^{1/2}$$

em que $D = d_r$, $N = n$ e c é a relação do valor máximo para a raiz quadrada do valor médio do quadrado do sinal.

Desde que $\mu \gg c$, a distorsão vem:

$$\text{os resultados } D = \frac{\log(1+\mu)}{\sqrt{3}\,N}$$

independente do sinal.

Quando $\mu \gg 1$, a curva estabelecida pelo autor coincide pràticamente com a nossa, o mesmo sucedendo à distorsão.

* * *

Os dois trabalhos a que nos referimos são aqueles que, sendo do nosso conhecimento, mais directamente se relacionam com os resultados a que chegámos.

K — Realização de códigos. Quantificação e Codificação

Consideremos, agora, as operações fundamentais do sistema que vimos estudando: a quantificação e codificação, estabelecendo-se alguns conceitos fundamentais e salientando-se aspectos essenciais para a realização prática destas operações.

Ordenadamente, teremos então:

a) Quantificação de amplitudes era, como se viu, a operação pela qual se fazia corresponder a cada amplitude E_N satisfazendo a:

$$N\Delta - \frac{\Delta}{2} + E < E_N < N\Delta + \frac{\Delta}{2} + E \qquad N = -P \ldots -1, 0, 1 \ldots P \qquad (35)\ (84)$$

uma amplitude

$$N\Delta + E$$

Poder-se-ia usar outra definição; escolhemos esta.

b) As amplitudes quantificadas formam, deste modo, um conjunto discreto com n elementos

$$n = 2P + 1$$

em que «n» representa o número de níveis que se utiliza.

c) A maneira mais simples de identificar estas amplitudes é numerá-las por ordem crescente, usando a seguinte correspondência:

$$\begin{array}{ccccc} -P\Delta + E & -(P-1)\Delta + E & E & N\Delta + E & P\Delta + E \\ 1 & 2 & P+1 & P+N+1 & 2P+1 \end{array} \qquad (85)$$

d) «E» representa um nível de referência. Tomando-se como base de estudo as sucessões de impulsos moduladas em amplitude, «E» será a amplitude dos impulsos na ausência do sinal modulante.

e) A função quantificada $Q[S_F(t)]$ modulando uma sucessão de impulsos traduzia, como se viu, a operação de quantificação, convindo notar que existem situações em que o não faz correctamente, o que sucede sempre que o impulso coincidir com uma discontinuidade de $Q[S_F(t)]$ Fig. 34.

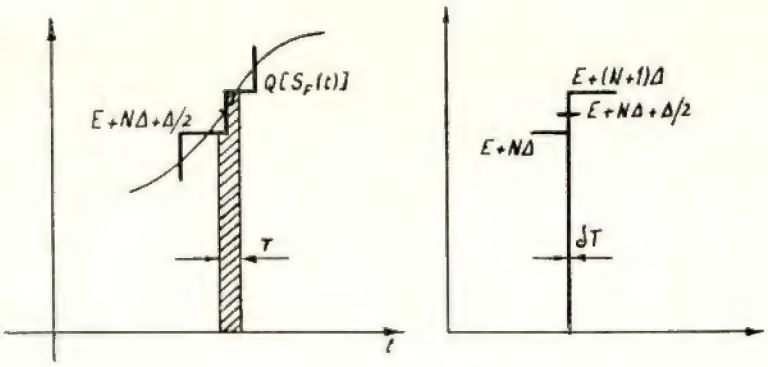


Fig. 34

Admitindo que os impulsos têm duração infinitesimal estabelece-se, no referido caso, uma indeterminação.

Efectivamente a amplitude

$$E + N\Delta + \frac{\Delta}{2}$$

do impulso assumiria, analìticamente, o valor

$$E + N\Delta + \frac{\Delta}{2}$$

se definíssemos $Q[S_F(t)]$, no instante correspondente, pela média aritmética dos limites à esquerda e à direita.

Sob o ponto de vista físico, a modulação é essencialmente uma operação de carácter geométrico e assim $Q[S_F(t)]$ modulando uma sucessão de impulsos infinitesimais cria situações indeterminadas ou mistas no caso dos impulsos terem duração finita.

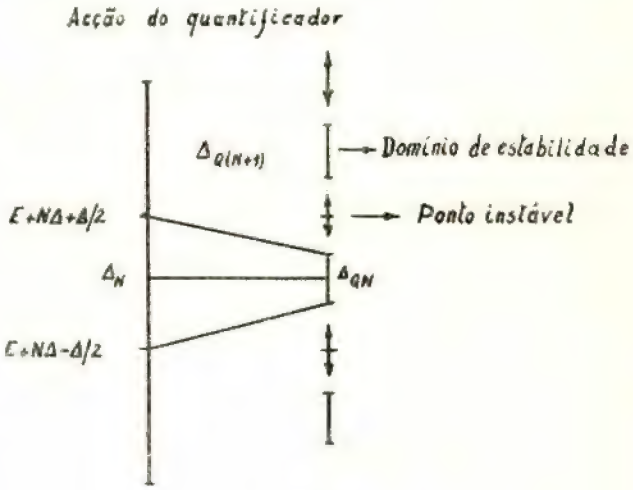


Fig. 35

Na prática o problema resolve-se com o uso dum sistema que denominaremos «quantificador».

f) Quantificador será todo o dispositivo que estabelece, de modo conveniente, a quantificação. Satisfazendo a esta condição todo o sistema que transforma um conjunto de intervalos contíguos — domínio de existência duma variável — Δ_N num conjunto de intervalos disjuntos Δ_{QN}.

Uma grandeza que variasse proporcionalmente à amplitude dos impulsos, antes de quantificada, poderia assumir qualquer valor duma escala contínua. O quantificador transforma o domínio de existência num conjunto de intervalos disjuntos havendo uma correspondência biunívoca entre os pontos dos intervalos Δ_N e Δ_{QN}.

As amplitudes $E + N\Delta + \Delta/2$ representam estados instáveis dando-se sempre preferência final pelo ponto mais elevado de Δ_{QN} ou o mais baixo de Δ_{QN+1} (Figura 35).

g) Codificação será a operação pela qual se faz corresponder, a cada intervalo Δ_{QN}, um grupo de símbolos que pela alínea *c*) (85) será a tradução do número inteiro $I = P + N + 1$.

L — Códigos usuais. Códigos binários. Descodificação

Um processo simples e usaal de codificar amplitudes $E + N\Delta$ consiste em fazer corresponder ao número I

$$I = P + N + 1$$

HELIAÇO

NOME E PROCESSO PATENTEADOS

33 a 66 % de economia de peso de ferro

Quilo útil de Heliaço mais barato que o do ferro corrente

42 a 72 % de aumento de eficiência em relação ao aço corrente

Varão redondo de aço de alta resistência para betão armado, torcido e estirado a frio

TRANSFORMADO EM PORTUGAL

Maior aderência que o aço comum. Menores volumes de betão em obra. Maior rapidez de execução. Menor custo do m³ do betão armado

CARGAS DE SEGURANÇA AUTORIZADAS EM PORTUGAL

2.000 — 2.200 — 2.400 K/cm²

ALGUMAS OBRAS ONDE SE EMPREGOU O "HELIAÇO"

Monumento a Cristo Rei
Metropolitano de Lisboa
Novo Stadium do Sporting Club de Portugal
Novo Stadium do C. F. «Os Belenenses»
Edifício para a Companhia dos Telefones
2.ª Bateria de Silos para a Companhia Industrial Portugal e Colónias
Arranha-Céus na Avenida de Roma e Estados Unidos da América
Nova Faculdade de Direito de Lisboa
Nova Faculdade de Letras de Lisboa
Paióis para o Ministério da Defesa
Pavilhão da Feira das Indústrias
Hotel Infante Santo, etc., etc., etc.

Fornecemos a pedido e gratuitamente Literatura e Tabelas de Cálculo

PEDIDOS A HELIAÇO, LDA.

RUA DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. / LISBOA / TELEFS. 36 78 17 - 21378

ROLAMENTOS DE AGULHAS
PORTA AGULHAS
AGULHAS PARA ROLAMENTOS

aprovados durante longos anos de prática por milhares de aplicações na construção europeia de máquinas, veículos e aparelhos.

Fornecem-se, a pedido e gratuitamente tabelas com dimensões e consultas técnicas.

INA

INDUSTRIEWERK SCHAEFFLER
Fabrik der INA-Nadellager
HERZOGENAURACH b Nuernberg
Tel. Central: Nr. 5 — Telegr.: Schaefflerwerk
Telex.: 062191

MENCK

Escavadora universal Diesel MENCK, modelo M 75,
de 250 CV, com balde de 2,5 m², escavando abaixo do nível do chão.

Representantes em Portugal:

Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, L.da
PORTO — Praça da Liberdade, 114

Eng.º J. E. Michaëlis de Vasconcellos
LISBOA — Av. Marquês de Tomar, 94-7.º

uma sequência de «K» impulsos que pela sua natureza e ordem representam os K algarismos do número I escrito na base b:

$$I_b = A_o + A_1 b + A_2 b^2 + \ldots + A_{K-1} b^{K-1} \qquad A_j < b \tag{86}$$

entendendo-se portanto que $I < b^K$.

Podemos deste modo, incluindo $I = 0$, transmitir b^K amplitudes usando K impulsos de «b» tipos diferentes.

Na prática os impulsos distinguem-se atribuindo a cada impulso do tipo «b» uma amplitude de b unidades.

Consideraremos apenas o primeiro caso.

Supondo, por exemplo, que usávamos $b = 5$ e $K = 3$, poderíamos transmitir $5^3 = 125$ amplitudes. Se I fosse igual a 14, teríamos:

$$14_5 = 024 = 4 + 2 \times 5 + 0 \times 5^2$$

e a amplitude correspondente seria transmitida do modo seguinte:

Um impulso de 4 unidades a que se seguiriam respectivamente dois impulsos de «2» e «0» unidades. Este último representaria uma ausência de sinal no intervalo, T_1, que lhe era destinado Fig. 36.

* * *

Deste modo o código mais simples é o binário $b = 2$ que utiliza apenas impulsos de uma ou zero unidades.

Se usarmos $b = 2$ e $K = 7$ poderemos transmitir 128 amplitudes, sendo $I = 23$ representado pela sequência (1110100) Fig. 37, uma vez que 232 se escreve:

$$23_2 = 0010111 = 1 + 1 \times 2 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^6$$

convencionando-se, assim, que os impulsos são transmitidos pela ordem

$$A_0 \; A_1 \ldots A_{K-1}$$

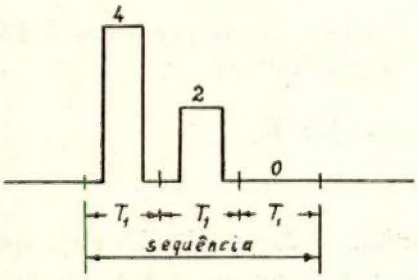


Fig. 36

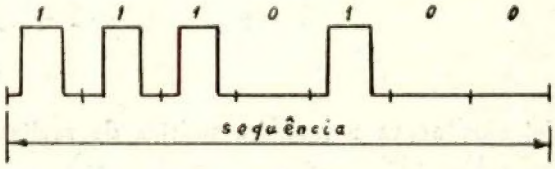


Fig. 37

No sistema de quantificação que temos considerado o número de amplitudes é $2P + 1$ e, portanto, ímpar. No caso de ser $K = 7$, apenas se transmitirão 127 amplitudes, havendo outros tipos de quantificação em que se transmitem 128, os quais incluem $I = 0$.

Para o nosso caso, sendo K o número de impulsos de cada sequência, será:

$$2^K - 1 = 2P + 1 \longrightarrow P = 2^{K-1} - 1 \tag{87}$$

* * *

A este tipo de codificação binária corresponde um processo simples de descodificação concebido por Shannon, o qual foi utilizado no sistema experimental realizado por Meachan e Peterson e que consiste no seguinte:

Por cada impulso $A_j = 1$ da sequência

$$A_0\, A_1\, A_2 \ldots A_{K-1} \qquad A_j = 0 \text{ ou } 1$$

um condensador recebe uma variação constante «q» da sua carga, descarregando-se em seguida com uma lei exponencial:

$$\varepsilon^{-pt}$$

tal que:

$$\varepsilon^{-pT_1} = \frac{1}{2} \tag{84}$$

em que T_1 é o intervalo entre eixos de impulsos consecutivos. É fácil estabelecer o seguinte resultado:

«T_1 segundos após a ocorrência do eixo do último impulso, mesmo que seja nulo, a tensão no condensador é proporcional a I».

Exemplifiquemos com um sistema em que $K = 4$

$$b^K = 2^4 = 16$$

e suponhamos que quando $Aj = 1$ o condensador recebe uma carga que varia a sua tensão de 16 unidades.

Como o sistema é linear podemos sobrepor a acção dos diferentes impulsos. Sendo assim a tensão no condensador, observada T_1 segundos após a ocorrência do último impulso, será

$$E_c = 16\, A_o\, \varepsilon^{-4pT_1} + 16\, A_1\, \varepsilon^{-3pT_1} + 16\, A_2\, \varepsilon^{-2pT_1} + 16\, A_3\, \varepsilon^{-pT_1} \tag{88}$$

e como se admitiu que

$$\varepsilon^{-pT_1} = \frac{1}{2}$$

virá:

$$E_c = A_o + 2\, A_1 + 2^2\, A_2 + 2^3\, A_3$$

que é exactamente a expressão do número I em função dos algarismos correspondentes à base 2.

Referida a um certo nível a amplitude do condensador é equivalente a:

$$I\,\Delta + E' = (N + P + 1)\,\Delta + E' \rightarrow N\,\Delta + E \tag{89}$$

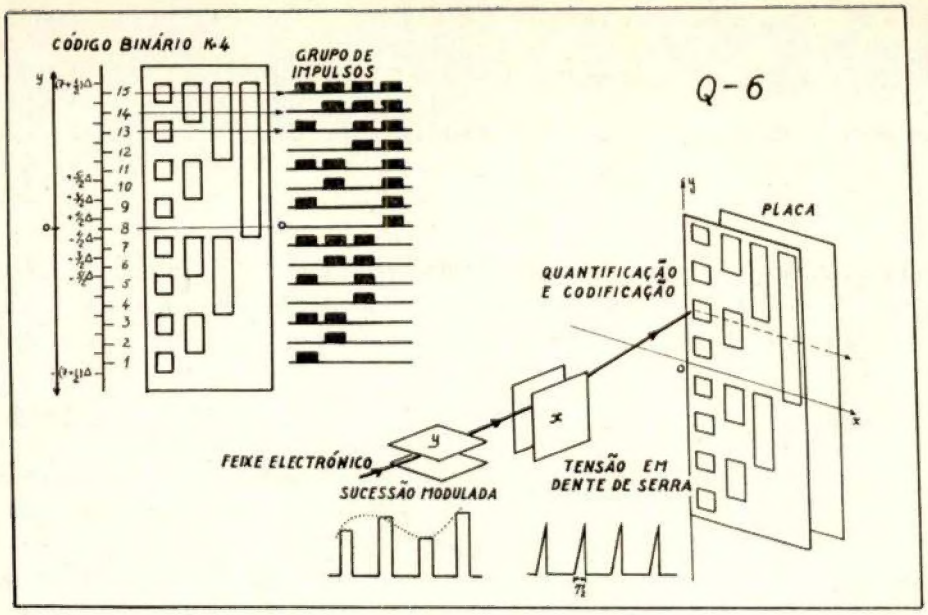
* * *

Vejamos agora a maneira prática de realizar a quantificação das amplitudes e a respectiva codificação. Dos vários processos que têm sido experimentados descreveremos apenas um que, pela sua simplicidade e eficiência representa um avanço técnico importante para a generalização futura deste sistema.

A quantificação e codificação são feitas simultâneamente num tubo especial de raios catódicos cuja concepção se deve a Lewellin, reduzindo-se a descrição aos seus aspectos essenciais (Quadro n.º 6).

Fundamentalmente o tubo é constituído pelas habituais placas de deflectoras, x e y, e por uma placa colectora dos electrões do feixe, a qual está protegida por uma chapa código.

O feixe electrónico só poderá atingir a placa se passar através dos espaços, praticados na chapa, cujo número e distribuição representam a escrita, por ordem inversa, dum número I na base 2. Um espaço é o algarismo «1»; uma obstrução o algarismo «0».



O princípio básico de funcionamento é o seguinte:

Cada impulso duma sucessão modulada em amplitude carrega um condensador que, quando o impulso terminar, terá uma tensão V_c correspondente ao valor da amplitude nesse instante (fig. 38).

A tensão V_c é agora mantida por algum tempo durante o qual actuará nas placas deflectoras «y» deslocando-se o feixe, verticalmente, para um nível correspondente a V_c.

Durante este tempo uma tensão em dente de serra obriga o feixe a deslocar-se horizontalmente, encontrando este no seu percurso um determinado número de espaços.

A cada espaço corresponderá um impulso na corrente de placa obtendo-se assim numa resistência uma tensão que será uma sequência de impulsos.

A tensão que actua nas placas «y» terá a forma duma sucessão modulada em que os impulsos mantêm a amplitude correspondente a um valor instantâneo do sinal modulante supondo-se, claro está, que as polarizações são tais que horizontalmente o feixe está no início à esquerda e que verticalmente, à amplitude média E corresponde o nível N = 0 a meio da chapa (fig. 39).

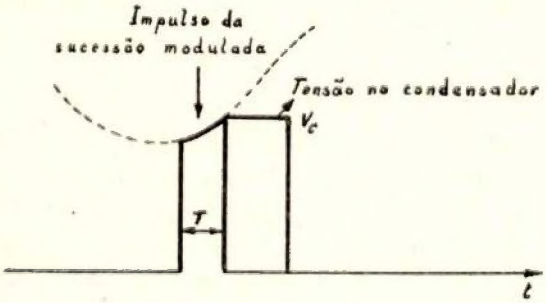


Fig. 38

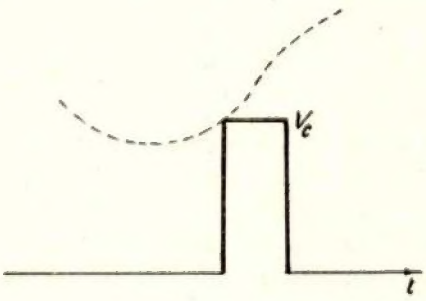


Fig. 39

No canto superior esquerdo do quadro n.º 6 representa-se a correspondência entre as amplitudes y e os espaços que o feixe encontra quando varre horizontalmente a chapa código. Esta representa um código binário de K = 4 em que

$$P = 2^{K-1} - 1 = 8 - 1 = 7$$